

NOVA

1 | 2

VMBO-KGT
HANDBOEK

NASK

MALMBERG



NASK

1 - 2 VMBO-KGT

Auteurs

Frits Kappers

Coert Schatorjé

Met medewerking van

R. Tromp

P. van Hoeflaken

Th. Smits

Vierde editie

MALMBERG 's-Hertogenbosch

www.nova-malmberg.nl

Voorwoord

Het boek dat je nu in je handen hebt, gebruik je bij het vak natuur- en scheikunde. Wat dat vak precies inhoudt, kunnen we niet in een paar woorden uitleggen. Daarom begint dit boek met een kort kennismakingshoofdstuk om je een indruk van het vak te geven.

De methode
Nova bestaat uit een handboek (dit boek), twee werkboeken, digitaal materiaal en een uitwerkingenboek.

In het handboek vind je alle leerstof die je moet leren. Bovendien wordt achter in het handboek uitgelegd welke vaardigheden je bij het vak nodig hebt.

In het werkboek staan opgaven die je helpen om de leerstof te onthouden en toe te passen. De opgaven zijn opgesplitst in leerstofvragen, die vaak letterlijk in de theorie staan, en toepassingsvragen. Voor sommige opgaven staat een sterretje (*). Die zijn wat moeilijker. Je kunt alle antwoorden en uitwerkingen in het werkboek invullen.
Elk hoofdstuk wordt afgesloten met een aantal proeven (practica) en Test-Jezelf-vragen.

Met de V-trainer in het digitale materiaal kun je vaardigheden oefenen.

Basisstof, plusstof en extra stof
De meeste leerstof in het boek werk je samen met de hele klas door. Dit is de basisstof die alle leerlingen moeten kennen. Aan het einde van elke paragraaf staat plusstof. Meestal is de plusstof iets moeilijker dan de basisstof. Aan het einde van elk hoofdstuk staat extra stof. Daarmee ga je aan het werk als je klaar bent met de basisstof en nog tijd over hebt.

Zelfstandig werken
Met *Nova* kun je goed zelfstandig werken. Je kunt alleen of met een groepje opgaven maken, onderzoek doen of jezelf overhoren met de Test-Jezelf-pagina's. Je zult ook af en toe uitleg krijgen met de hele klas.
Als je zelfstandig werkt, is het handig om een planning te maken. Dat betekent dat je van tevoren opschrijft wat je gaat doen en wanneer.

Natuur- en scheikunde gaat over de wereld om je heen. Het is boeiend en spannend om die wereld te ontdekken. We hopen dat dit boek je daar een handje bij kan helpen.

Veel succes!
De auteurs

Inhoudsopgave

8 Licht

Introductie

De sprong van Felix Baumgartner



bereikte hoogte:
39 045 m

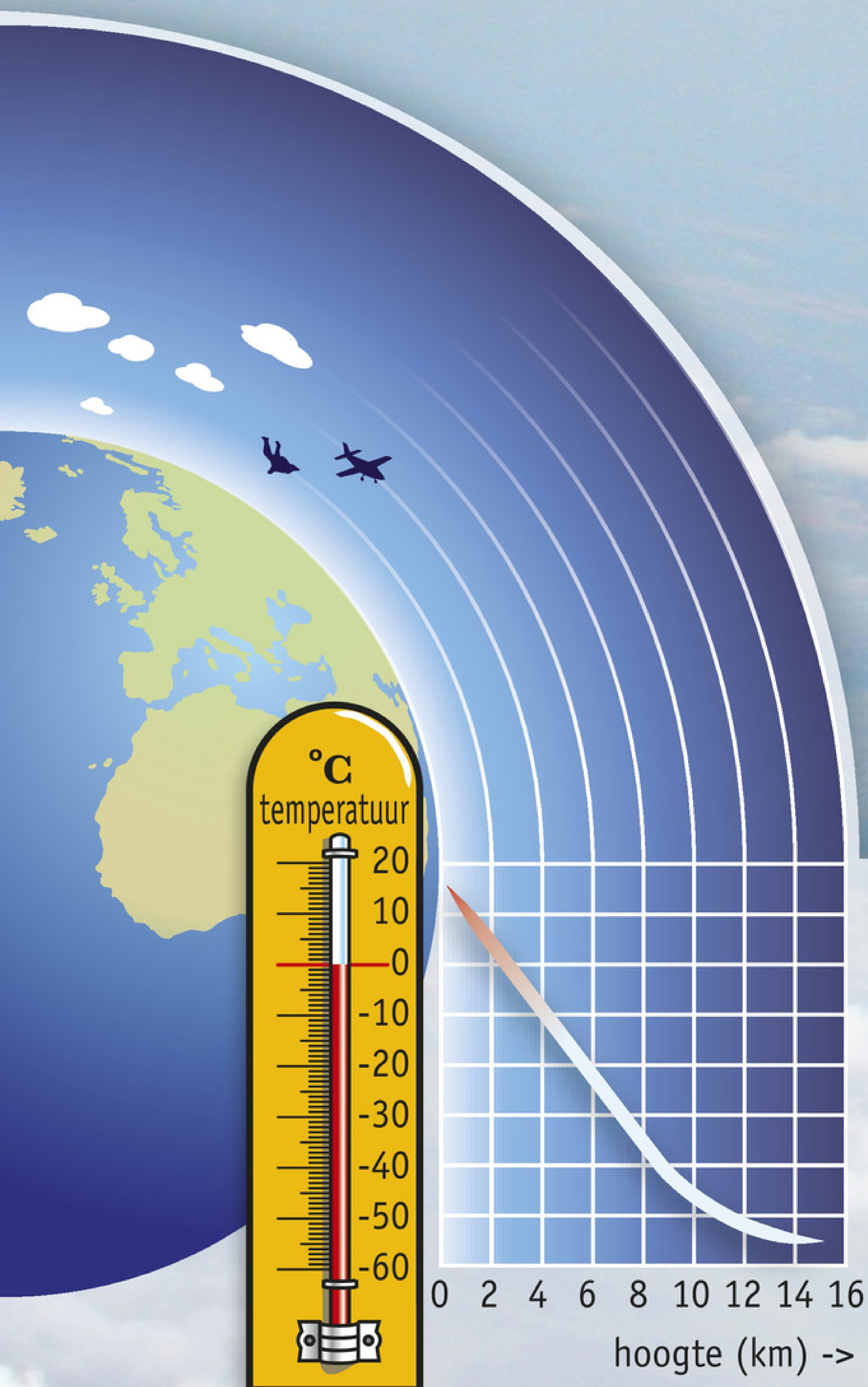
vrije val:
4 min 19 sec

topsnelheid:
1342 km/h
(sneller dan het geluid)

parachute open:
ca 2500 m

parachute afdaling:
ca 5 min





Temperatuur en hoogte

Hoe hoger je komt, des te kouder het wordt.
Op 4 km hoogte - de hoogte waarop een geoefend parachutist uit het vliegtuig stapt - vriest het dat het kraakt.



De samenstelling van lucht

Lucht is een mengsel van stikstof en zuurstof en kleine hoeveelheden andere gassen.

Luchtdruk en hoogte

Op grote hoogte wordt de luchtdruk lager. Daardoor kun je er moeilijker ademen.
In Nederland is de luchtdruk aan de grond ongeveer 1020 mbar.
Op 4 km hoogte is de luchtdruk nog maar 620 mbar.

Natuurwetenschappen:
van ontdekking naar toepassing



▲ **afbeelding 1**
Als je een berg oprijdt, protesteren je oren.

Natuurwetenschappers hebben allerlei ontdekkingen gedaan. Deze ontdekkingen worden gebruikt in onder andere gebruiksvoorwerpen en apparaten. Kennis uit de natuurwetenschappen zit verwerkt in bijna alle dingen die je gebruikt: van een afwasmachine tot een zonnebril.

Onderzoek doen

Natuurwetenschappers onderzoeken hoe de wereld in elkaar zit. Dat doen ze door een **verschijnsel** te bestuderen. Een verschijnsel is iets wat je kunt waarnemen. Denk bijvoorbeeld aan het vervelende gevoel in je oren als je in een auto bergop rijdt (afbeelding 1). Dat neem je waar, of je wilt of niet.

Als natuurwetenschapper vraag je je hierbij af: wat gebeurt er precies en hoe zou dat komen? Je wilt de ‘natuur’ kennen van de dingen om je heen: de manier waarop de dingen in elkaar zitten en werken. Je wilt dus niet alleen weten *wat* er gebeurt. Je wilt er ook achter komen *waarom* het zo gaat en niet anders.

Als natuurwetenschapper wil je meer over zo’n verschijnsel weten. Je onderzoekt bijvoorbeeld:
- of het ook uitmaakt hoe snel de auto de berg op rijdt;
- of de hoogte en de steilheid van de berg ook verschil maken;
- of mensen ook iets voelen als ze de berg weer af rijden;
- hoe je dat vervelende gevoel kunt voorkomen.

Nadat je het verschijnsel nauwkeurig in kaart hebt gebracht, stel je de volgende vraag: “Waardoor krijg je dat gevoel in je oren?” Of, anders gezegd: “Hoe kun je dat gevoel verklaren?” Dat zoeken naar een **verklaring** hoort bij alle natuurwetenschappen. Je bent pas tevreden als je begrijpt wat er achter een verschijnsel zit.

De natuurwetenschappen bestaan al langer dan vandaag. Er zijn voor allerlei verschijnselen goede verklaringen gevonden: ook voor dat vervelende gevoel in je oren als je een berg op rijdt. Toch is er voor jonge wetenschappers nog meer dan genoeg werk: veel verschijnselen wachten nog op een verklaring.

Toepassingen bedenken

Als je eenmaal hebt ontdekt hoe een verschijnsel in elkaar zit, kun je daar gebruik van maken. Bij het vak natuur- en scheikunde leer je daarom niet alleen over de ontdekkingen die natuurwetenschappers hebben gedaan. Je maakt ook kennis met **toepassingen** van die ontdekkingen.



▲ **afbeelding 2**
de hoogtemeter op de arm van een parachutist

Een van die toepassingen begon met een discussie over de 'natuur' van de luchtdruk: waardoor wordt die druk veroorzaakt? Een natuurwetenschapper kwam op het idee om een barometer (een instrument om de luchtdruk te meten) mee te nemen naar de top van een berg. Zo werd ontdekt dat de luchtdruk afhangt van de hoogte: hoe hoger je komt, des te lager is de luchtdruk.

Deze ontdekking werd al snel gebruikt om een hoogtemeter te ontwerpen. Zo'n meter leidt uit de luchtdruk af op welke hoogte je je bevindt. Moderne hoogtemeters werken nog steeds op deze manier. Parachutisten die een vrije val maken, gebruiken zo'n meter om te bepalen wanneer ze hun parachute moeten opentrekken (afbeelding 2).

In de uitrusting van een parachutespringer is nog veel meer natuurwetenschappelijke kennis verwerkt. In de parachute zelf, maar ook in de veiligheidshelm, de beschermende kleding en de zonnebril. En niet alleen het ontwerp, maar ook de gebruikte materialen zijn tot stand gekomen op basis van jarenlang onderzoek.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Om te onderzoeken: Hoe meet een arts je bloeddruk, gewicht, longinhoud, hartslag en ademhalingsfrequentie? Hoe zien de meetinstrumenten eruit?

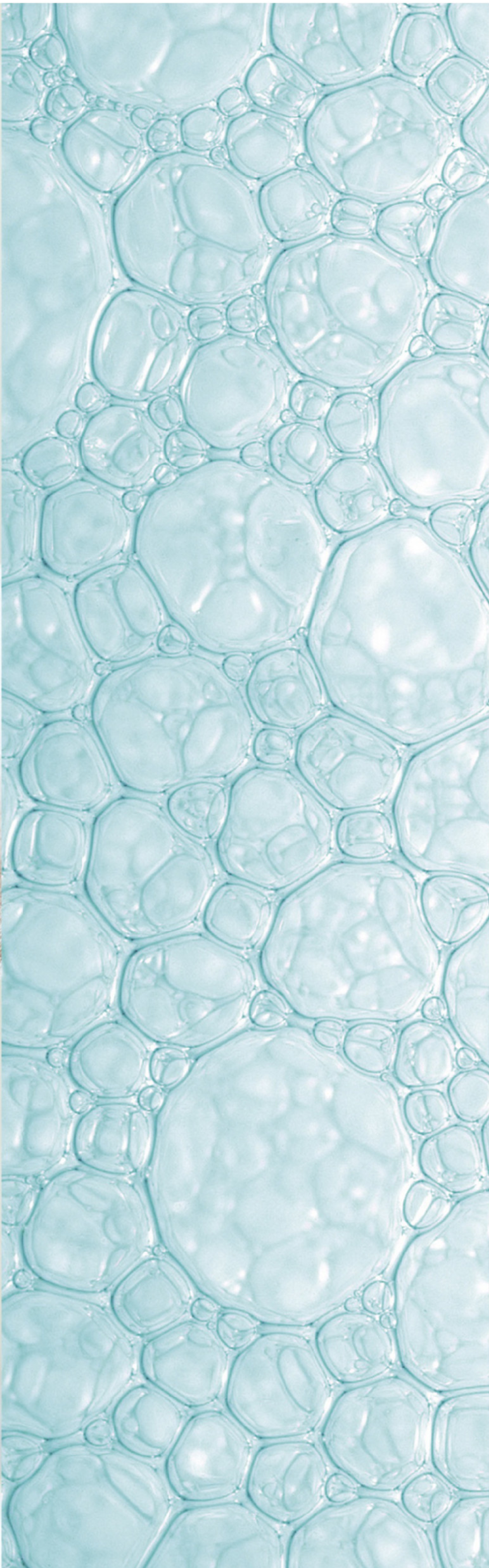
Om te onderzoeken: Hoe werkt de spiegel in de telescoop? Wat wordt bedoeld met brandpunt, infrarode en ultraviolette straling? Wat is een spectrum?

Om te onderzoeken: Hoe werkt zo'n zonnepaneel? Hoe kun je de elektrische energie opslaan? Waarom is er gekozen voor led-lampen?



Om te onderzoeken: Welke rol speelt zuurstof bij een brand? Wat is er nodig om een brand te laten ontstaan? Hoe kan een brand worden geblust?





2 Stoffen

Werken met stoffen

Stoffen gebruik je elke dag: je doet suiker in je thee, wast je haar met shampoo, spoelt je glas om met water, spuit deodorant op je huid, enzovoort. Om met stoffen te kunnen werken, moet je hun eigenschappen kennen.

Basisstof

Extra stof

1 Stoffen in huis


▲ afbeelding 1
enkele stoffen die je thuis kunt tegenkomen

Overal in huis vind je flessen, potjes en buisjes met stoffen. Kijk maar eens rond in de keuken, de badkamer, het medicijnkastje enzovoort. Je komt er allerlei stoffen tegen: keukenzout, suiker, azijn, soda, ammonia, wasbenzine, motorolie, aspirine, jodium en ga zo maar door (afbeelding 1). Ook in het lokaal voor natuur- en scheikunde zie je flessen en potjes met stoffen. Sommige van die stoffen ken je van thuis; andere stoffen kom je alleen op school tegen.

Stoffen herkennen Proef 1 en 2

Sommige stoffen lijken erg veel op elkaar. Het is dan niet meteen duidelijk met welke stof je te maken hebt. Water, wasbenzine en alcohol zien er bijvoorbeeld precies hetzelfde uit. Het zijn alle drie heldere, kleurloze vloeistoffen.

Soms helpt het om aan de stoffen te ruiken. Veel stoffen hebben een geur waaraan je ze meteen herkent. Denk maar aan alcohol of aan chloor dat je in een zwembad ruikt.

Sommige stoffen kunnen de slijmvliezen van je neus en longen irriteren. Ruik dus heel voorzichtig: haal de dop van de fles, wuif met je hand boven de hals heen en weer en snuif een beetje van de damp op (afbeelding 2). Zo voorkom je dat je te veel van een irriterende stof binnenkrijgt.


▲ afbeelding 2
Zo kun je veilig aan een fles ruiken.



▶ **afbeelding 3**
In deze voorraadkast staan voedingsmiddelen.

Stoffen ordenen

Eigenschappen waaraan je stoffen kunt herkennen, noem je **stofeigenschappen**. Je kunt deze eigenschappen gebruiken om stoffen van elkaar te onderscheiden. Voorbeelden van stofeigenschappen zijn:

- **geur**: alcohol heeft een andere geur dan terpentine.
- **kleur**: koper is rood-oranje, goud is geel, lood is grijs.
- **smaak**: suiker smaakt zoet, keukenzout smaakt zout.
- **brandbaarheid**: benzine is brandbaar, water niet.

Als je stoffen opbergt, mag je ze niet zomaar bij elkaar zetten. Meestal berg je stoffen met dezelfde toepassing bij elkaar op. Zo krijg je groepen stoffen, zoals voedingsmiddelen, medicijnen, schoonmaakmiddelen en brandstoffen (afbeelding 3).

Stoffen en veiligheid

Sommige stoffen die in het huishouden gebruikt worden, kunnen gevaarlijk zijn. Dat geldt bijvoorbeeld voor spiritus, bleekwater, wasbenzine, ammonia en allerlei medicijnen. Ammonia is een stof waarmee je uitstekend vet en vuil kunt verwijderen. Het heeft een zeer sterke geur. Als je het inademt kunnen de slijmvliezen van je neus en longen beschadigd raken.
Een stof kan op meerdere manieren gevaarlijk zijn:

- als je de stof inademt;
- als je de stof inslikt;
- als je de stof op je kleren, op je huid of in je ogen krijgt;
- als je met vuur bij de stof komt;
- als je de stof mengt met een andere stof.

Stoffen die bij natuur- en scheikunde worden gebruikt, zijn vaak schadelijk voor je gezondheid. Sommige van deze stoffen zijn zelfs giftig. Daarom mag je tijdens practicumlessen nooit stoffen proeven.

Flessen met gevaarlijke stoffen hebben vaak kindveilige doppen. Deze moet je eerst stevig indrukken voordat je ze kunt losschroeven.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Etiketten

Met gevaarlijke stoffen moet je oppassen. Daarom is de fabrikant verplicht om een waarschuwing op het etiket te zetten (afbeelding 4).

Behalve een waarschuwing in woorden moet er ook een speciaal plaatje (pictogram) op het etiket staan. Dan kun je in één oogopslag zien voor welk gevaar je moet oppassen. Zo'n waarschuwend plaatje wordt een **gevarensymbool** of **pictogram** genoemd. In afbeelding 5 zie je drie voorbeelden.

Kijk dus goed op het etiket als je met een stof aan het werk gaat. Dan weet je welke eigenschappen van de stof gevaar kunnen opleveren. Als dat nodig is, kun je voorzorgsmaatregelen nemen.

Corrosief

Niet mengen

Chemisch afval

Vloeibare ontstopper (Natriumhydroxide oplossing 20%).
"EEG-etikettering" EEG nr: 215-185-5
UN Nr.: 1824 VLG:8.42^{B}.

R35 : Veroorzaakt ernstige brandwonden.
S1,2 : Achter slot en buiten bereik van kinderen bewaren.
S26 : Bij aanraking met de ogen onmiddellijk met overvloedig water afspoelen en deskundig medisch advies inwinnen.
S37/39 : Draag geschikte handschoenen en een beschermingsmiddel voor de ogen / voor het gezicht.
S45 : In geval van ongeval of indien men zich onwel voelt, onmiddellijk een arts raadplegen (indien mogelijk hem dit etiket tonen).

Niet mengen. Nooit samen met andere reinigingsmiddelen gebruiken, sterk alkalisch.

▲ **afbeelding 4**
het etiket op een fles gootsteenontstopper

licht ontvlambaar

giftig

schadelijk

▲ **afbeelding 5**
drie pictogrammen en hun betekenis

2 Zuivere stoffen en mengsels

De meeste stoffen die je thuis tegenkomt, zijn mengsels. Dat zie je meteen als je kijkt op de verpakking van een voedingsmiddel of een medicijn. Daarop staat een lijst met de verschillende stoffen die in het product zitten. Die stoffen noem je **ingrediënten**.

Mengsels en zuivere stoffen

In afbeelding 6 zie je welke ingrediënten (stoffen) er in ice tea zitten. Water is het belangrijkste ingrediënt, zoals in alle frisdranken, en staat daarom voorop. De ice tea bestaat verder uit zoetstoffen, zuren, geurstoffen en smaakstoffen. Ook zit er een conserveermiddel in dat er voor zorgt dat de ice tea langer houdbaar blijft. Al deze stoffen worden afzonderlijk op het etiket vermeld. Omdat ice tea uit meerdere stoffen bestaat, is het een **mengsel**.

Koolzuurvrije frisdrank met groene thee-extract.

Ingrediënten: water, invertsuiker, fructose, groene thee-extract, voedingszuur: citroenzuur, aroma zuurteregelaar: natriumcitraat, antioxidant: ascorbinezuur. IJskoud serveren.
Na openen beperkt houdbaar en bewaren in de koelkast.
Ten minste houdbaar tot einde: zie boven.

INH. 1,5L e

▶ **afbeelding 6**
de ingrediënten van ice tea

Je vindt in huis maar enkele **zuivere stoffen** Een voorbeeld van een zuivere stof is kristalsuiker. In een pak suiker zit alleen maar suiker; er zitten geen andere stoffen doorheen. Ook keukenzout is een zuivere stof, als er tenminste geen jodium aan is toegevoegd (afbeelding 7).



▶ **afbeelding 7**
In de supermarkt zijn twee soorten keukenzout te koop: zonder en met toegevoegd jodium.

Oplossingen

Als je suiker in een glas hete thee doet en even roert, zie je dat de suikerkorreltjes verdwijnen. Je zegt dat de suiker oplost in de thee. Het mengsel dat je zo krijgt, noem je een **oplossing**. Water is hierbij het **oplosmiddel**, suiker de **opgeloste stof**. De suiker is niet echt verdwenen. Dat merk je als je de thee proeft: die smaakt nu zoet.

Veel van de stoffen die je thuis vindt, zijn oplossingen. Voorbeelden zijn thee, frisdrank, parfum en shampoo (afbeelding 8).

Oplossingen herkennen

Oplossingen zijn altijd helder. Je kunt er doorheen kijken. Water is helder en kleurloos, ook als je er suiker of zout in hebt opgelost. Een oplossing kan wel een kleur hebben. Thee of ice tea zijn hier goede voorbeelden van. Oplossingen blijven ook altijd perfect gemengd. Laat je een fles frisdrank een jaar in de kast staan, dan blijft de frisdrank goed gemengd.

Als een mengsel troebel (ondoorzichtig) is, kan het dus geen oplossing zijn. Verf bijvoorbeeld is geen oplossing, maar een **suspensie**: dat is een vloeistof waarin een fijn verdeeld poeder zweeft. Verf ontmengt; het poeder zakt na verloop van tijd naar de bodem van het blik. Daarom moet je verf roeren voor gebruik. Staat op een verpakking ‘schudden voor gebruik’ of ‘roeren voor gebruik’, dan bevat het waarschijnlijk een suspensie.



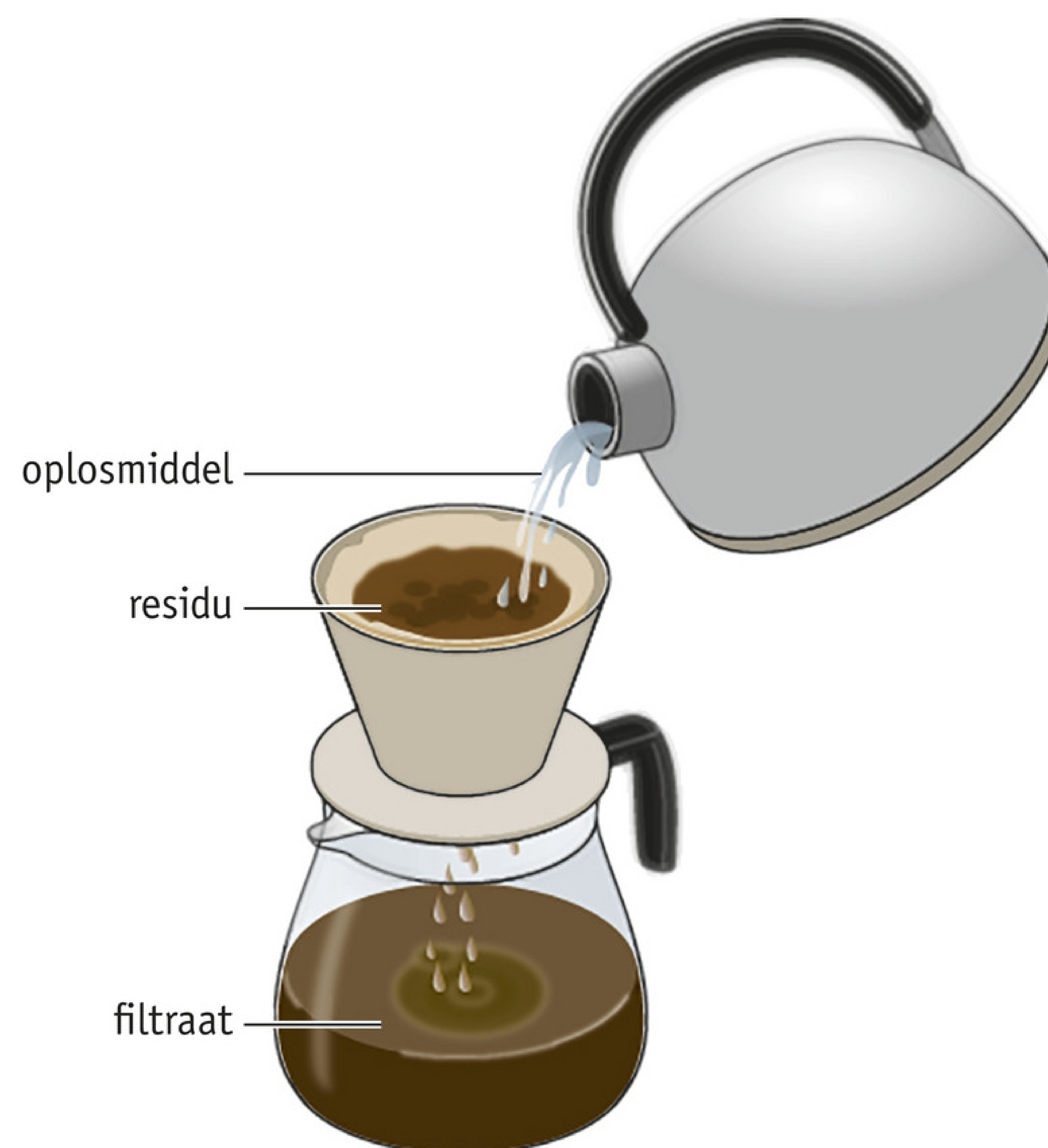
▲ **afbeelding 8**
Al deze producten zijn oplossingen.

Op een fles bronwater kan staan dat er 'zuiver bronwater' in de fles zit. Toch is bronwater scheikundig gezien geen zuivere stof. Er zitten allerlei opgeloste stoffen in het water, zoals je ook op het etiket kunt zien. Het woord 'zuiver' betekent in dit geval dat het water niet is verontreinigd met gevaarlijke stoffen of bacteriën. Je kunt het zonder gevaar voor je gezondheid drinken.

Extraheren en filtreren   Proef 3 en 4

Als je heet water bij gemalen koffie doet, lossen de geur-, kleur- en smaakstoffen uit de koffie op in het water (afbeelding 9). Je gebruikt het hete water dus om de geur- en smaakstoffen uit de koffie te halen. Dit noem je **extraheren** (letterlijk: eruit trekken). Je extraheert de geur- en smaakstoffen met heet water als oplosmiddel.

Om het koffiedik (de 'koffieprut') uit de koffiekan te houden gebruik je een **filter**. In een filter zitten heel kleine openingen. De koffie stroomt daar gemakkelijk doorheen, maar het koffiedik kan dat niet. Dat bestaat uit korrels die veel te groot zijn voor de openingen in het filter. De koffie komt dus in de koffiekan terecht, terwijl het koffiedik in het filter achterblijft. Dit noem je **filtreren**. Je noemt de koffie in de kan het **filtraat** en het koffiedik het **residu**.



▶ **afbeelding 9**
koffie filtreren

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



Plus Alcohol als oplosmiddel

Sommige stoffen, zoals vetten en oliën, lossen niet op in water. Voor deze stoffen heb je een ander oplosmiddel nodig, bijvoorbeeld alcohol of wasbenzine. Je kunt alcohol gebruiken om voorwerpen vetvrij te maken. Het vet op het voorwerp lost op in de alcohol, waarna je de alcohol kunt opvegen met een doek.

Alcohol wordt in allerlei producten als oplosmiddel gebruikt (afbeelding 10). Voorbeelden zijn parfum, deodorant en bepaalde soorten inkt en lak. Sommige stiften hebben inkt 'op alcoholbasis'. Als je met zo'n stift schrijft of tekent, verdampt de alcohol en blijven de kleurstoffen achter. Je kunt de alcohol dan goed ruiken.

◀ **afbeelding 10**
Veel parfums bestaan uit geurstoffen die zijn opgelost in alcohol.

3 Massa en volume



▲ **afbeelding 11**
benodigdheden voor pannenkoeken

Het gebeurt regelmatig dat je een bepaalde hoeveelheid van een stof nodig hebt: niet meer, niet minder. In recepten staat bijvoorbeeld aangegeven hoeveel je van elk ingrediënt moet gebruiken (afbeelding 11). En bij medicijnen is het heel belangrijk dat ze de juiste hoeveelheid werkzame stof bevatten.

Een hoeveelheid stof afmeten

Er zijn verschillende manieren om stoffen af te meten. Voor vaste stoffen, zoals meel en suiker, is een weegschaal handig. Vloeistoffen, zoals water en melk, worden vaak afgemeten met een maatbeker. Bij het vak natuur- en scheikunde worden vergelijkbare meetinstrumenten gebruikt.

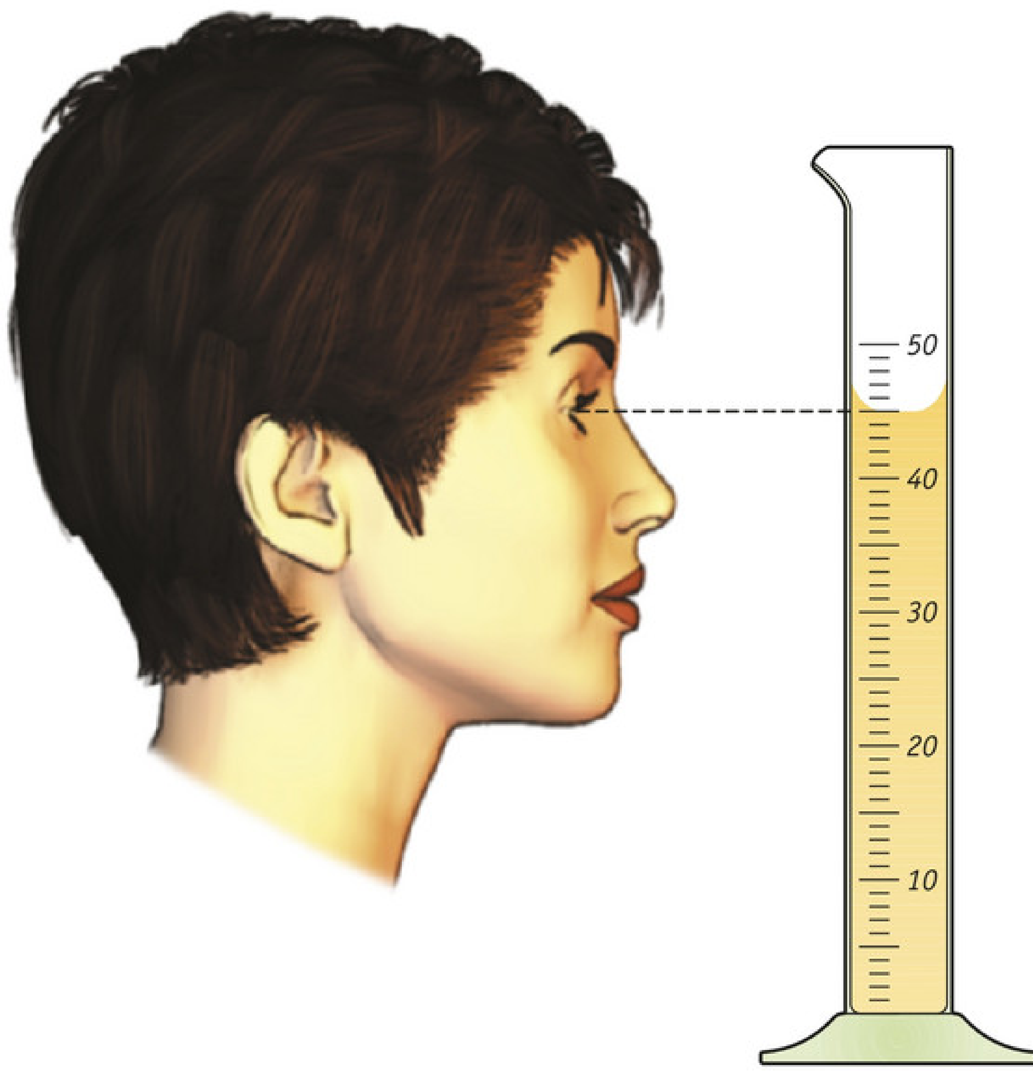
Massa Proef 5 en 6

Met een weegschaal kun je de **massa** van een voorwerp of een hoeveelheid stof bepalen (afbeelding 12). Voorwerpen met een grote massa zijn zwaar, voorwerpen met een kleine massa zijn licht. Je meet de massa in gram (g) of in kilogram (kg). 1 kg = 1000 g.

In het dagelijks leven gebruik je vaak de woorden ‘gewicht’ en ‘massa’ door elkaar. In de natuur- en scheikunde ga je nog leren dat gewicht iets anders is dan massa. Maar voor nu is het voldoende als je onthoudt dat de massa van een voorwerp wordt uitgedrukt in kg.



◀ **afbeelding 12**
Met een weegschaal bepaal je de massa.



▲ **afbeelding 13**
Zo lees je een maatcilinder af: kijk naar het vlakke deel van de vloeistofspiegel.



▲ **afbeelding 14**
1 dm³ = 1000 cm³

Het volume van vloeistoffen

Met een maatcilinder kun je het **volume** van een hoeveelheid vloeistof bepalen. Het volume is de ruimte die de vloeistof inneemt. In afbeelding 13 zie je hoe je een maatcilinder moet aflezen. Je meet het volume in liter (L) of milliliter (mL). 1 L = 1000 mL.

De eenheid liter wordt alleen voor vloeistoffen gebruikt. In andere gevallen gebruik je dm^3. Toch betekenen de aanduidingen liter en dm^3 precies hetzelfde:

– 1 liter is hetzelfde als 1 dm^3: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 dm.
– 1 milliliter is hetzelfde als 1 cm^3: de ruimte die wordt ingenomen door een kubus met ribben van 1 cm (afbeelding 14).

Het volume van rechthoekige voorwerpen

Voorwerpen nemen ruimte in. Anders gezegd: ze hebben een bepaald volume.

Van rechthoekige voorwerpen kun je het volume berekenen. Dat doe je als volgt:

1 Meet de lengte van drie verschillende zijden.
2 Gebruik de volgende formule om het volume te berekenen.

volume = lengte × breedte × hoogte

Je kunt deze formule ook in letters opschrijven:

$$V = l \cdot b \cdot h$$

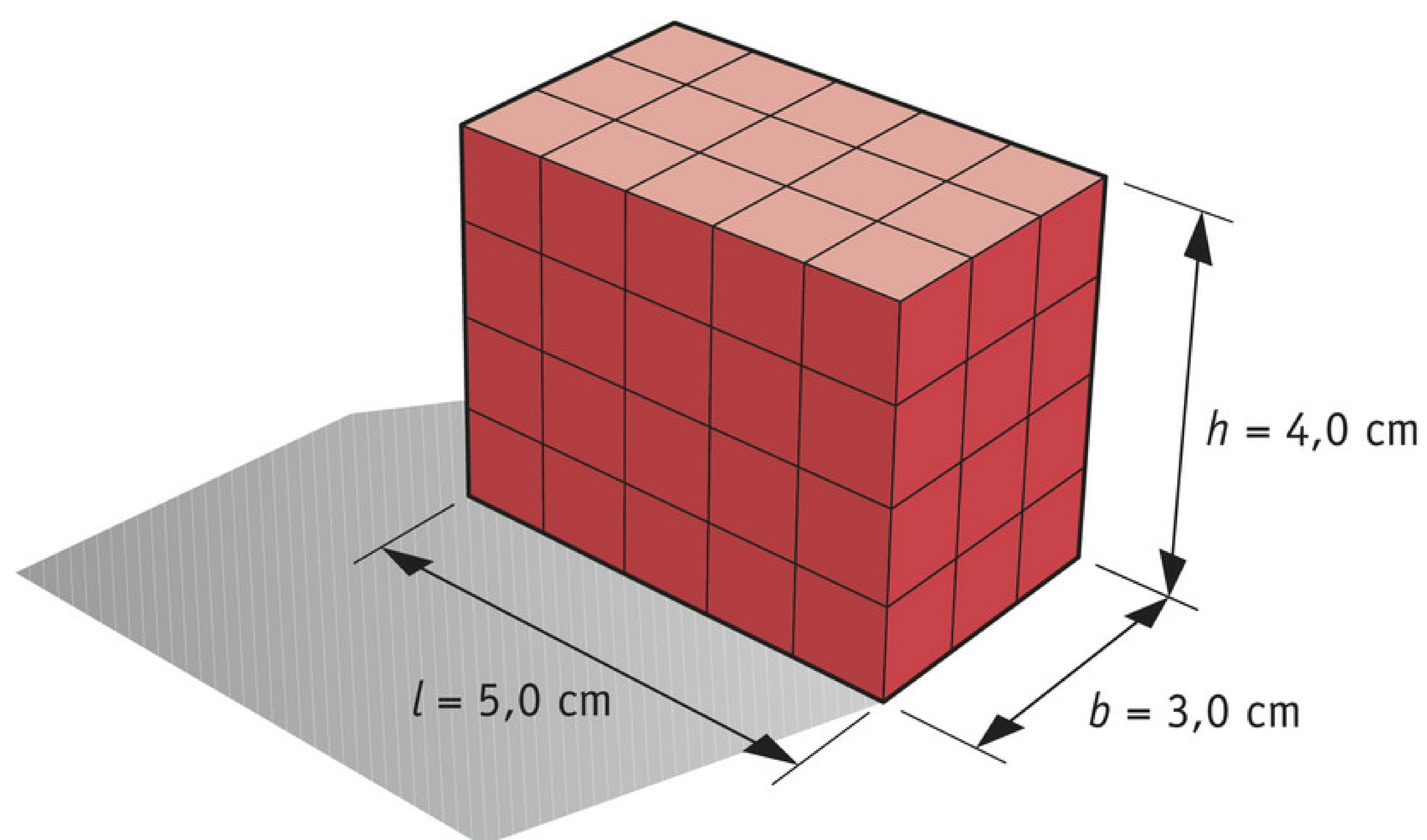
3 Als je de afmetingen (l, b, h) invult in centimeters (cm), bereken je het volume in kubieke centimeter (cm^3). Als je de afmetingen invult in decimeters (dm), bereken je het volume in kubieke decimeter (dm^3).

Voorbeeldopgave 1
Bereken het volume van het rechthoekige voorwerp in afbeelding 15.

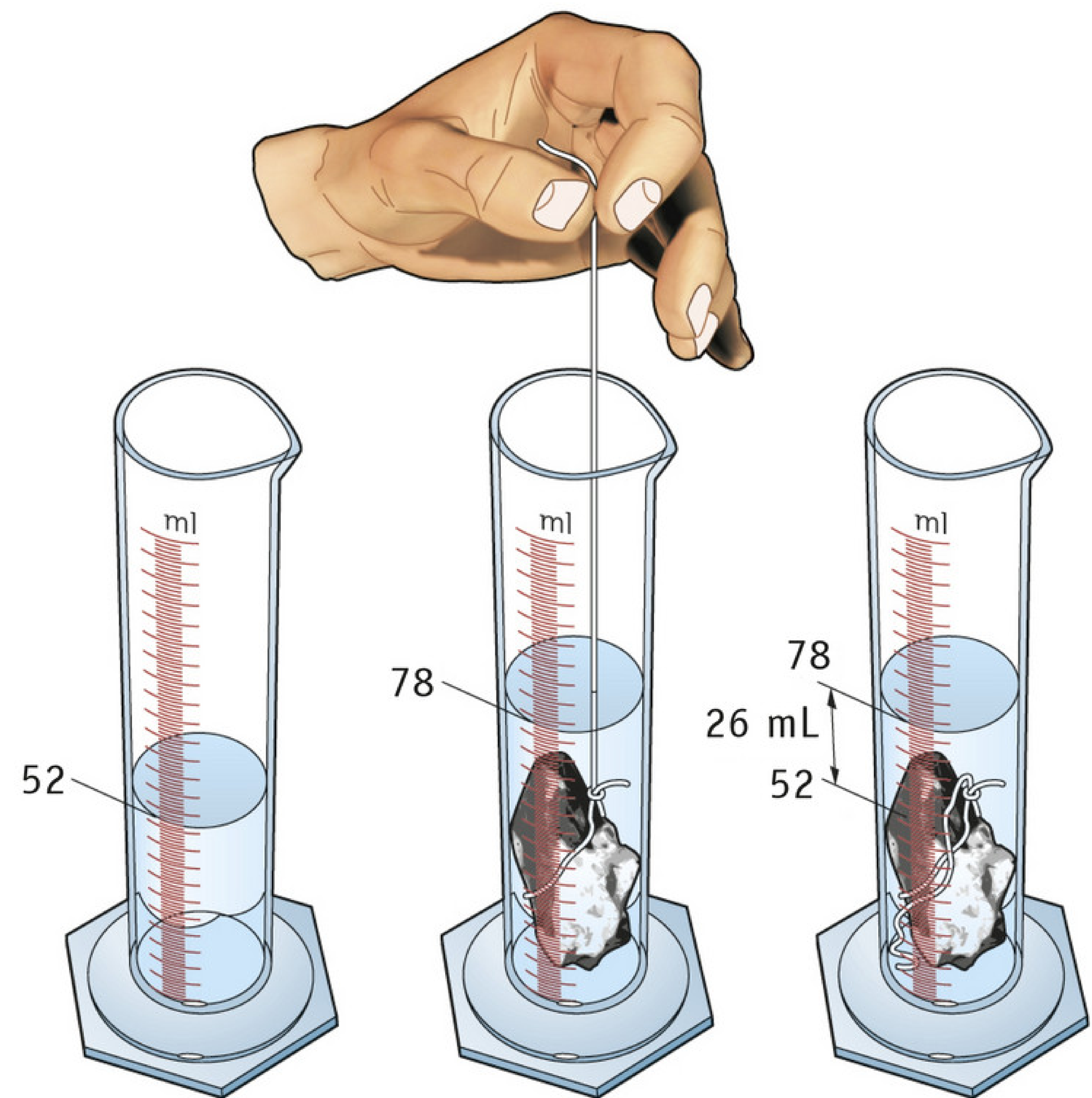
gegevens l = 5,0 cm
b = 3,0 cm
h = 4,0 cm

gevraagd V

uitwerking $V = l \cdot b \cdot h$
= 5,0 × 3,0 × 4,0
= 60 cm^3



▲ **afbeelding 15**
Dit voorwerp heeft een volume van 60 cm³. Tel het aantal blokjes maar na.



▲ **afbeelding 16**
Zo werkt de onderdompelmethode.

Het volume van andere voorwerpen Proef 7

Het volume van onregelmatig gevormde voorwerpen kun je niet uitrekenen. Maar je kunt het wel bepalen met de **onderdompelmethode** (afbeelding 16).

1 Vul een maatcilinder tot een bepaalde hoogte met water.
2 Lees de stand van het water af. Dit noem je de **beginstand**.
3 Laat het voorwerp voorzichtig in het water zakken. Het voorwerp moet helemaal onder water komen.
4 Lees opnieuw de stand van het water af. Dit noem je de **eindstand**.
5 Reken uit: eindstand – beginstand. Dit is het volume van het voorwerp.

Voorbeeldopgave 2
Bepaal het volume van de steen in afbeelding 16.

gegevens	beginstand	= 52 cm³
	eindstand	= 78 cm³
gevraagd	het volume	
uitwerking	volume	= eindstand – beginstand
		= 78 cm³ – 52 cm³ = 26 cm³

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Oude lengte-eenheden

Jij meet de lengte van een voorwerp in meters, centimeters of millimeters. Maar vóór 1820 werden in Nederland andere lengte-eenheden gebruikt, zoals de duim en de voet (afbeelding 17). Deze eenheden waren afgeleid van het menselijk lichaam: de duim van de breedte van de duim, de voet van de lengte van de voet.

De grootte van de duim en de voet was van plaats tot plaats verschillend. Een duim kon 2,5 cm zijn, maar ook 2,8 cm. Een voet kon 28 cm zijn, maar ook 32 cm. Op de ene plaats gingen er 12 duimen in 1 voet, op de andere 10, 11 of zelfs 13 duimen. Voor de handel waren al die verschillen erg onhandig. Daarom is in 1820 het Metrieke Stelsel ingevoerd, met een meter die overal even lang is.



▶ **afbeelding 17**
Vóór 1820 werden lengtes gemeten in duimen en voeten.

4 Dichtheid

Mensen zeggen vaak dat de ene stof zwaarder of lichter is dan de andere. Als iemand vraagt: "Waarom worden velgen vaak van aluminium gemaakt?" zeggen ze zoiets als "omdat aluminium een heel licht metaal is" of "omdat aluminium veel lichter is dan staal".

Lichte en zware stoffen

Hoe kun je nagaan dat aluminium lichter is dan staal? Dat kan door de twee stoffen 'eerlijk' met elkaar te vergelijken. Je kunt niet zomaar een aluminium en een stalen voorwerp wegen: een aluminium fiets kan best zwaarder zijn dan een stalen fietsbel.

Een eerlijke vergelijkingsmethode werkt als volgt:

1 Neem van elke stof een blokje van 1 cm^3.
2 Bepaal de massa van elk blokje met een weegschaal.
3 Het blokje met de kleinste massa is gemaakt van de 'lichtste' stof.

Een aluminium blokje van 1 cm^3 heeft een massa van 2,7 gram. Een stalen blokje van 1 cm^3 heeft een massa van 7,9 gram. Aluminium is dus ongeveer drie keer zo licht als staal.

De dichtheid van een stof

Elk blokje aluminium van 1 cm^3 heeft een massa van 2,7 g. Dat is dus een eigenschap van de stof aluminium: je hebt altijd 2,7 g massa in een volume van 1 cm^3. Deze eigenschap is zo belangrijk dat er een apart woord voor bedacht is: de **dichtheid**. Je zegt: de dichtheid van aluminium is 2,7 gram per kubieke centimeter (g/cm^3).

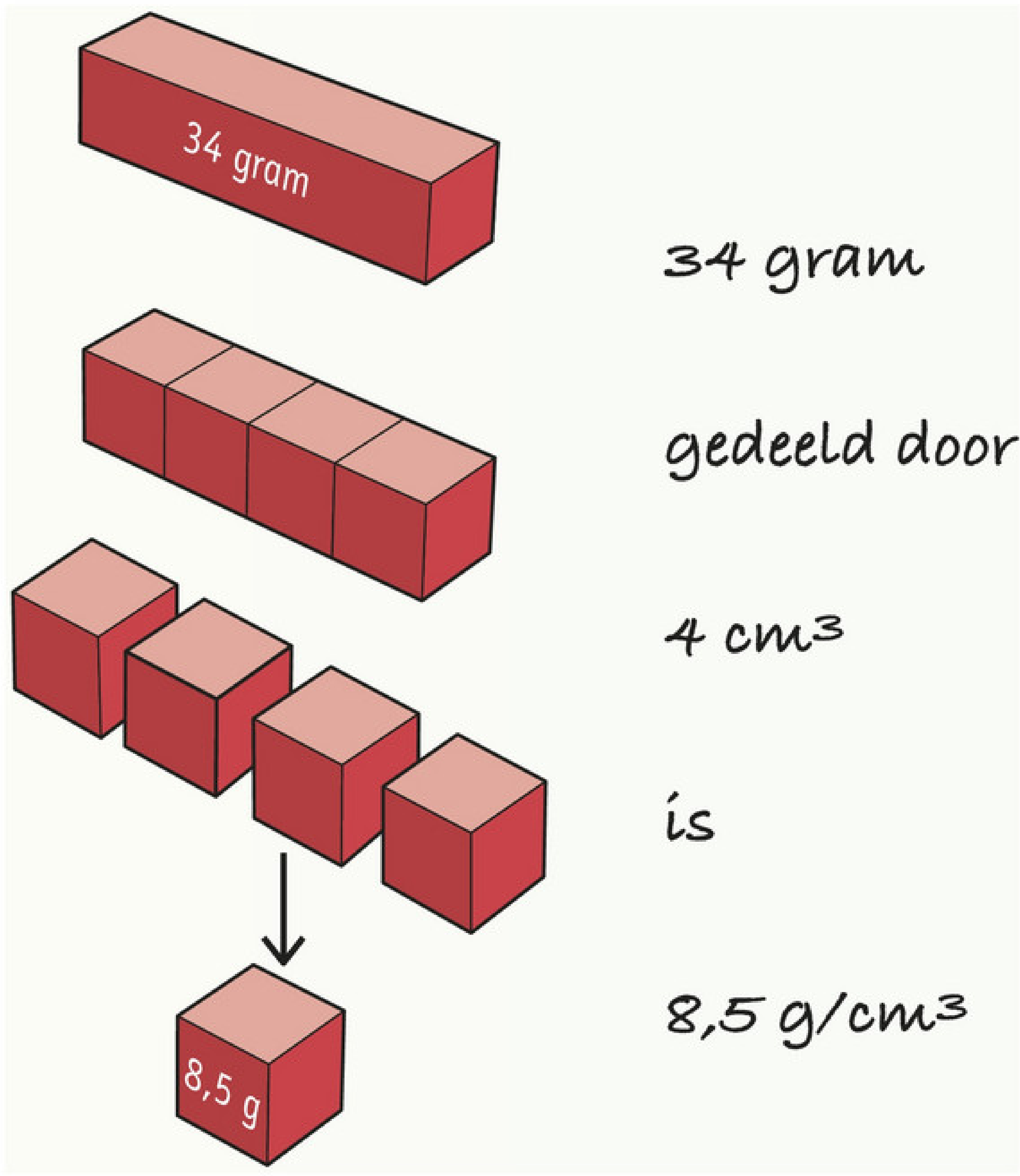


◀ **afbeelding 18**
Drie blokjes van 1 cm^3: het blokje perspex weegt 1,2 gram, het blokje aluminium 2,7 gram en het blokje messing 8,5 gram.

Dichtheid is een stofeigenschap: het is één van de eigenschappen waaraan je een stof kunt herkennen. In tabel 1 kun je de dichtheid van een aantal stoffen opzoeken.

▼ **tabel 1** dichtheid van een aantal stoffen

stof	dichtheid (g/cm³)	stof	dichtheid (g/cm³)
alcohol	0,8	kwik	13,5
aluminium	2,7	lood	11,3
benzine	0,7	messing	8,5
glas	2,6	perspex	1,2
goud	19,3	staal	7,8
ijs	0,9	suiker	1,6
ijzer	7,9	terpentine	0,8
keukenzout	2,2	water	1,0
koper	8,9	zilver	10,5
kurk	0,2	zink	7,2



▲ **afbeelding 19**
Zo kun je de dichtheid berekenen.

De dichtheid bepalen **Proef 8**

Om de dichtheid te bepalen, heb je niet beslist een blokje van 1 cm³ nodig. Met een groter blokje lukt het ook. Je kunt zo'n blokje namelijk in gedachten in blokjes van 1 cm³ verdelen.

In afbeelding 19 is een staafje messing van 34 g getekend. Je kunt dit staafje van 4 cm³ verdelen in 4 blokjes van 1 cm³. De dichtheid van messing is dus 34 : 4 = 8,5 g/cm³.

Om de dichtheid te vinden, heb je de massa (34 g) gedeeld door het volume (4 cm³). Zo kun je de dichtheid bepalen, zonder dat je een blokje van 1 cm³ nodig hebt. Je kunt deze methode ook gebruiken bij voorwerpen met een onregelmatige vorm.

Je kunt de dichtheid van een stof dus berekenen met de formule:

$$\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Voorbeeldopgave 3
Een blokje is 4,0 bij 4,0 bij 4,0 cm en heeft een massa van 723 g. Ga met een berekening na van welk materiaal uit tabel 1 dit blokje gemaakt kan zijn.

$V = l \cdot b \cdot h$
$= 4{,}0 \times 4{,}0 \times 4{,}0$
$= 64\ \text{cm}^3$

$$\text{dichtheid} = \frac{\text{massa}}{\text{volume}} = \frac{723\ \text{g}}{64\ \text{cm}^3} = 11{,}3\ \text{g/cm}^3$$

Het blokje zou van lood gemaakt kunnen zijn.

Drijven, zinken en zweven

Een kurk drijft op water. Zoals je in tabel 1 kunt zien is de dichtheid van kurk kleiner dan die van water. Een voorwerp drijft op water als de dichtheid van het voorwerp kleiner dan is die van water (1,0 g/cm³).
Een gouden ring zinkt in water. Voorwerpen met een dichtheid groter dan water zinken in water. Heel soms is de dichtheid van het voorwerp precies gelijk aan de dichtheid van water. In dat geval blijft dat voorwerp drijven.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Dichtheid en temperatuur



▲ **afbeelding 20**
vrije ruimte tussen treinrails

Als je een ijzeren staaf verhit zet de staaf uit. Het volume van het ijzer neemt toe. Dat is de reden dat er tussen twee treinrails een klein beetje vrije ruimte is (afbeelding 20). Hierdoor kunnen rails uitzetten zonder te beschadigen. De lengte van de rails is in de zomer groter dan in de winter.

Veel vaste stoffen zetten uit als ze warmer worden. Als de temperatuur van een vaste stof toeneemt, neemt ook het volume toe. Tijdens het verhitten blijft de massa van de vaste stof gelijk. Je kunt nu nagaan dat de dichtheid ook verandert als je een stof verhit. De dichtheid vind je door de massa te delen door het volume. Bij verhitten blijft de massa gelijk maar neemt het volume toe. Dat betekent dat als je een vaste stof verhit de dichtheid kleiner wordt.

5 Extra: SI-eenheden



▲ **afbeelding 21**
Een Amerikaanse (5 feet, 7 inch) ontmoet een Nederlandse (1,70 meter).

Een Belg bezoekt een pub in Engeland en bestelt er een pintje bier. Tot zijn verbazing krijgt hij van de barkeeper een groot glas bier van meer dan een halve liter. Blijkbaar is een pint in Engeland niet hetzelfde als in België.

Werken met eenheden

Je bent gewend om afstanden in meters te meten, massa in kilogrammen en volume in liters. Je weet meteen wat er bedoeld wordt als iemand zegt:
- "Honderd meter na het kruispunt moet je links afslaan."
- "Ik ben de afgelopen maand vijf kilogram afgevallen."
- "Er gaat 45 liter benzine in de tank van onze auto."

De meter, de kilogram en de liter zijn **eenheden**. Je gebruikt ze om aan te geven hoe groot afstanden, massa's en volumes zijn.

Voordelen van één systeem

Vroeger had elke stad en elke streek zijn eigen eenheden. Voor reizende kooplieden was dat erg lastig. Als je buiten je eigen stad of streek kwam, moest je hoeveelheden steeds omrekenen van de ene eenheid in de ander. Dat kostte veel tijd en bovendien konden er gemakkelijk fouten gemaakt worden. Sommigen maakten die fouten ook wel met opzet, om er zelf beter van te worden (fraude).

Nu wordt in een groot deel van de wereld nog maar één systeem van eenheden gebruikt: het Internationaal Stelsel van Eenheden. Deze naam wordt meestal afgekort als SI, van Système International. Dat is de Franse benaming van Internationaal Systeem. Dankzij het SI hoeft er veel minder omgerekend te worden dan vroeger. Als je het nu over 100 kg zilver hebt, weten mensen over de hele wereld wat je bedoelt.

Toch zijn niet alle landen volledig overgestapt op het SI. In de Verenigde Staten worden bijvoorbeeld nog vaak de oude Amerikaanse eenheden gebruikt (afbeelding 21). Als voorbeeld zijn in tabel 2 de belangrijkste Amerikaanse lengte-eenheden opgenomen.

▼ **tabel 2** enkele Amerikaanse lengte-eenheden

Amerikaanse lengte-eenheid	is evenveel als	is evenveel als
1 inch	0,0254 m	
1 foot	12 inch	0,3048 m
1 yard	3 foot	0,9144 m
1 mile	1760 yard	1609 m

Afspraken in het SI

In het SI is niet alleen vastgelegd hoe groot elke eenheid is. Er zijn ook afspraken gemaakt over de manier waarop je de eenheden afkort. **Afkortingen** zoals m (voor meter), kg (voor kilogram) en s (voor seconde) worden over de hele wereld gebruikt, welke taal je ook spreekt.

Voor sommige toepassingen zijn de SI-eenheden niet zo handig. Om de lengte van een insect aan te geven, is de meter bijvoorbeeld onhandig groot. Daarom gebruik je in zo'n geval een kleinere eenheid die van de meter is afgeleid. Als je de lengte van een insect wilt meten, is de millimeter (mm) bijvoorbeeld een geschikte eenheid. Het **voorvoegsel** milli betekent één duizendste: 1 millimeter = 0,001 meter.

Over het gebruik van voorvoegsels zijn ook afspraken gemaakt. In het SI is vastgelegd welke voorvoegsels je kunt gebruiken, wat ze betekenen en hoe je ze afkort. In tabel 3 zie je een paar voorbeelden.

▼ **tabel 3** enkele voorvoegsels in het SI

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
kilo	k	1000	1 km = 1000 m
deci	d	0,1	1 dm = 0,1 m
centi	c	0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	0,001	1 mm = 0,001 m

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.





3 Water

Veranderingen onderzoeken

Sneeuw die opeens begint te smelten, een natte jas die vanzelf weer opdroogt, een glas ijswater dat aan de buitenkant beslaat... Door dit soort veranderingen te onderzoeken kom je meer te weten over de wereld om je heen.

Basisstof

Extra

1 IJs, water, waterdamp



▲ afbeelding 1
Door de lage temperatuur van de lucht ontstaan er zichtbare 'nevelwolkjes'.

Regen, sneeuw, mist, hagel, rijp en dauw zien er heel verschillend uit. Regen bestaat uit doorzichtige druppels, sneeuwvlokken zijn wit en donzig, mist is een dichte grijze nevel, enzovoort. Toch gaat het bij al deze weersverschijnselen om dezelfde stof: water.

Vast, vloeibaar en gasvormig

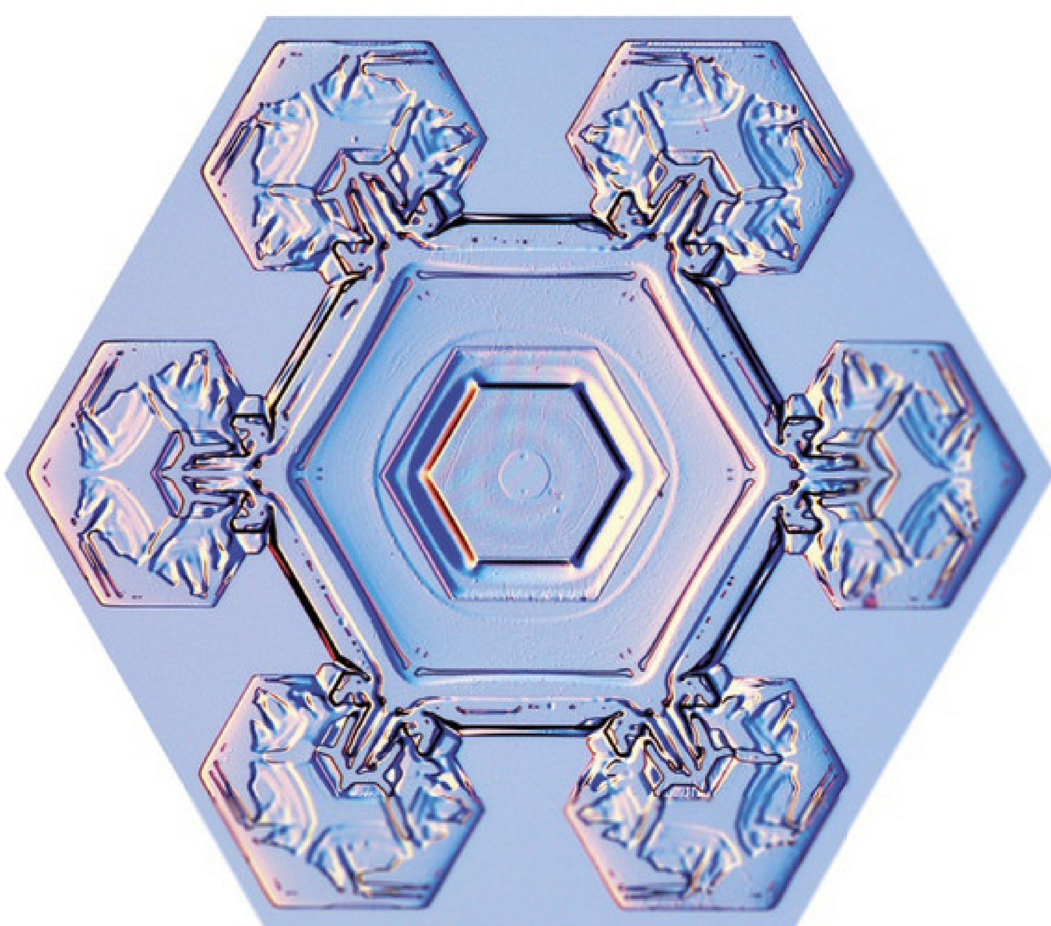
Water komt in de natuur voor:
– als **vaste stof**: ijs;
– als **vloeistof**: (vloeibaar) water;
– als **gas**: waterdamp.
De drie toestanden waarin je water (en andere stoffen) kunt tegenkomen, noem je **fasen**.

De lucht die je uitademt, bevat vrij veel waterdamp. Waterdamp kun je niet zien. Dat merk je als je tegen een koude ruit ademt. De waterdamp in je adem koelt af tegen het koude glas en condenseert. Op het glas verschijnen kleine waterdruppeltjes: de ruit beslaat. Die kleine waterdruppeltjes zie je ook als je bij koud weer uitademt. Voor je mond verschijnt dan een nevelwolkje (afbeelding 1).

Als het buiten mistig is, kun je niet ver kijken. Mist is goed zichtbaar en kan dus niet uit waterdamp bestaan. Mist bestaat uit kleine druppeltjes vloeibaar water die in de lucht zweven. Dat noem je een nevel. Doordat de waterdruppeltjes zo klein zijn, blijven ze in de lucht blijven zweven. Vaak wordt de naam 'waterdamp' gebruikt voor een nevel. Maar dat is dus niet juist. Een nevel bestaat niet uit gasvormig water, maar uit vloeibaar water.

Kristallen

Sneeuw bestaat uit kristallen: het is een vaste stof. Die kristallen hebben allerlei mooie vormen. In al die verschillende vormen kun je dezelfde zeshoekige structuur herkennen. Deze **kristalstructuur** is kenmerkend voor sneeuw (afbeelding 2). Elke vaste stof heeft een eigen kenmerkende kristalstructuur.



▲ afbeelding 2
Sneeuwkristallen hebben altijd een zeshoekige structuur.



▲ **afbeelding 3**
een stuk bergkristal



▲ **afbeelding 4**
ijzel

Kristallen kunnen microscopisch klein zijn, maar ook centimeters groot. Een stuk bergkristal bestaat uit grote kristallen die aan elkaar zijn vastgegroeid. De kristalstructuur kun je met het blote oog goed zien (afbeelding 3).

Soorten neerslag

Bij het woord **neerslag** denk je waarschijnlijk het eerst aan regen, sneeuw en hagel. Maar er zijn meer soorten neerslag.

- **Dauw** bestaat uit kleine waterdruppeltjes. ’s Ochtends kunnen grasssprieten en bladeren kletsnat zijn door de dauw.
- **Rijp** bestaat uit enorme aantallen kleine ijskristallen. Rijp kan boomtakken en grassprieten prachtig wit maken.
- **IJzel** is zeer koude regen die bevriest als hij de bevroren grond raakt (afbeelding 4). Het ijslaagje dat zo ontstaat, is altijd doorzichtig. Het kan straten en wegen spiegelglad maken.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 5**
Een ijsberg heeft een enorme massa, maar blijft toch drijven.

Plus De dichtheid van water en ijs

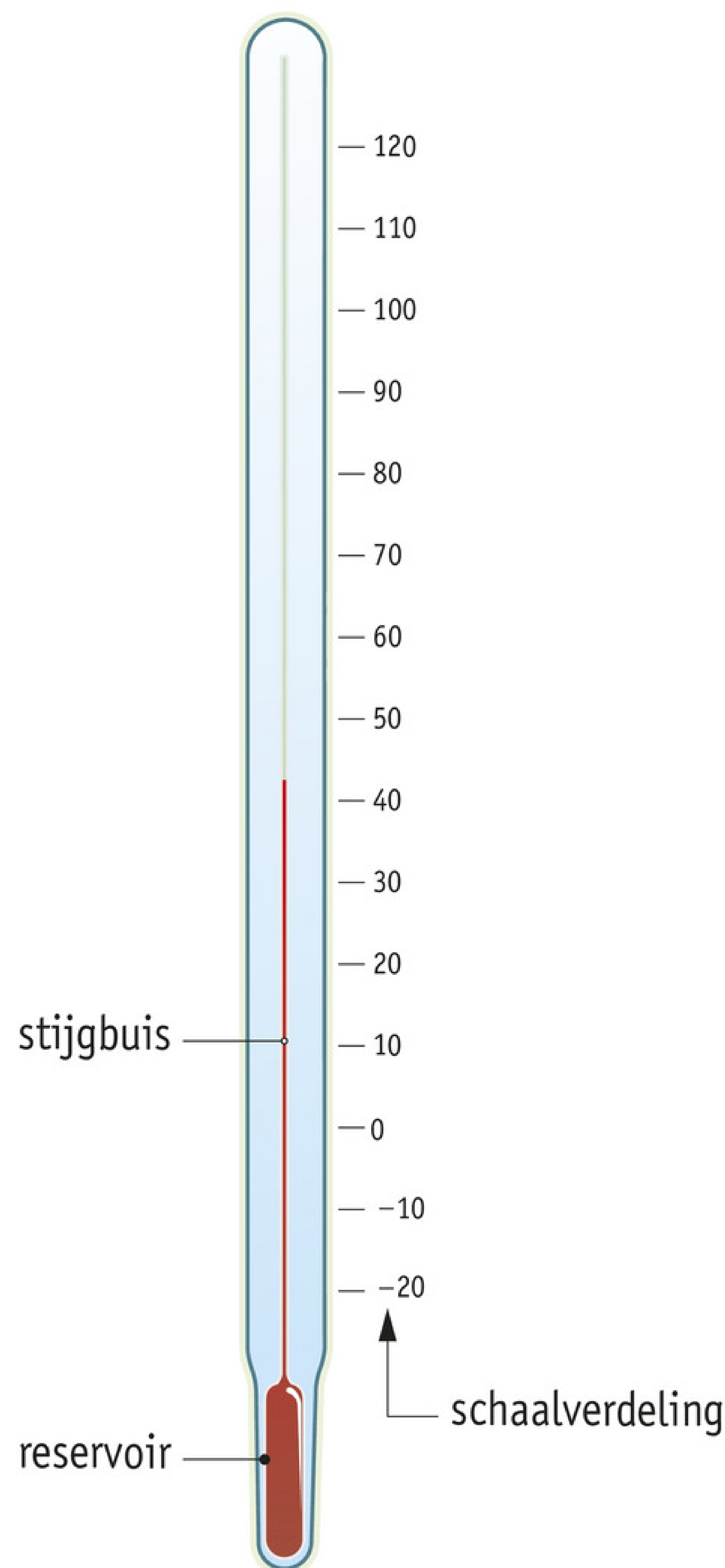
Water heeft bij 20 °C een dichtheid van 1 g/cm^3. Dat betekent dat 1 cm^3 water van 20 °C een massa heeft van 1 gram. De dichtheid van ijs is maar 0,9 g/cm^3. IJs heeft dus een kleinere dichtheid dan water.

Het ijs is ‘lichter’ dan het water en blijft daardoor drijven (afbeelding 5). Water zet uit als het bevriest: 1 gram ijs heeft een groter volume dan 1 gram water. Als je de massa deelt door het volume, vind je de dichtheid. Hier komt bij ijs dus een kleiner getal uit dan bij water. Het volume van 1 gram ijs is namelijk groter dan het volume van 1 gram water.

Vissen en waterplanten kunnen in leven blijven, omdat het water onder het ijs niet verder bevriest. Als ijs een grotere dichtheid zou hebben dan water, zou het ijs naar de bodem zakken. Plassen en meren zouden dan helemaal dichtvriezen.

2 Temperatuur

Als je op de fiets naar school gaat, twijfel je wel eens: moet ik nou een jas aan of niet? Je kunt even naar buiten gaan om te voelen hoe warm of koud het is. Dan merk je vanzelf of het warm genoeg is om zonder jas te fietsen. Maar als jij het warm genoeg vindt, hoeft een ander dat nog niet te vinden.



▲ **afbeelding 6**
een vloeistofthermometer

De vloeistofthermometer Proef 1

Als je temperaturen betrouwbaar wilt vergelijken, heb je een meetinstrument nodig: de **thermometer**. Jij kunt het 'flink koud' hebben, terwijl een ander het 'lekker fris' vindt. Maar met een goed werkende thermometer vind je allebei dezelfde waarde voor de temperatuur, bijvoorbeeld 14 °C.

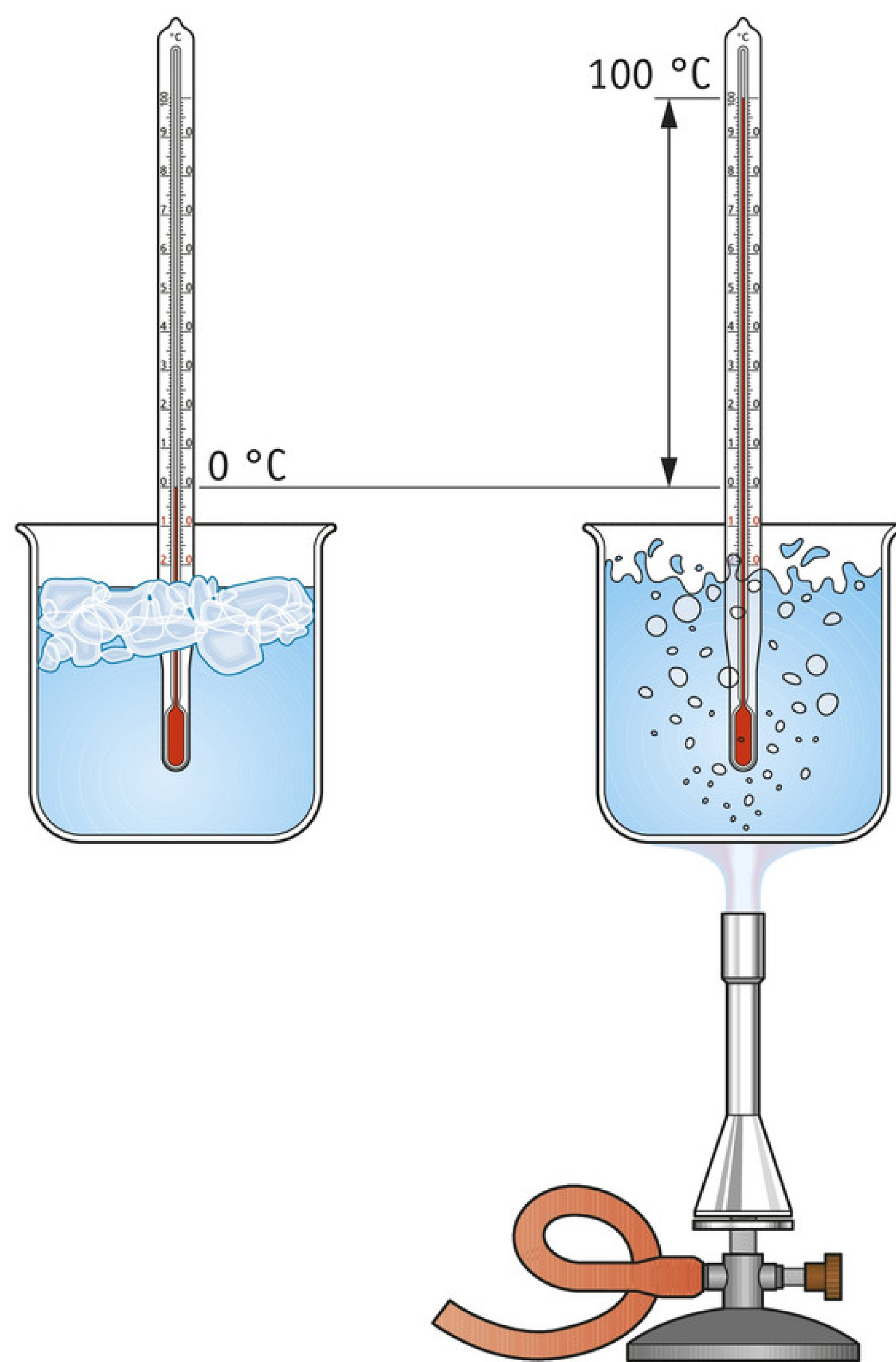
Een bekend soort thermometer is de **vloeistofthermometer**. Zo'n thermometer bestaat uit een **reservoir** en een **stijgbuis**. Langs de stijgbuis is een **schaalverdeling** aangebracht. Het reservoir is gevuld met alcohol (afbeelding 6).

Als de temperatuur stijgt, zet de alcohol uit. De alcohol gaat dan in de buis omhoog. Als de temperatuur daalt, krimpt de alcohol en gaat het vloeistofniveau weer naar beneden. Omdat de buis erg nauw is, zie je de alcohol al stijgen of dalen bij kleine temperatuurverschillen.

De Celsiusschaal Proef 2

Je leest de temperatuur af door de hoogte van de vloeistof te vergelijken met de schaalverdeling langs de stijgbuis. In het dagelijks leven worden thermometers gebruikt met een schaalverdeling in °C (graden Celsius).

In afbeelding 7 zie je hoe deze schaalverdeling gemaakt wordt.
1 Neem als nulpunt (0 °C) het niveau van de vloeistof bij de temperatuur van smeltend ijs.
2 Neem als honderdpunt (100 °C) het niveau van de vloeistof bij de temperatuur van kokend water.
3 Verdeel de afstand tussen deze twee punten met streepjes in tien gelijke delen. Tussen de streepjes zit dan telkens een verschil van 10 °C.
4 Zet ten slotte ook streepjes met dezelfde tussenruimte onder het nulpunt en boven het honderdpunt.



▲ **afbeelding 7**
een schaalverdeling voor de temperatuur maken

Onthoud:
- het smeltpunt van ijs = 0 °C
- het kookpunt van water = 100 °C

Andere soorten thermometers

Behalve de vloeistofthermometer zijn er nog meer soorten thermometers. In de figuren 8 en 9 zie je daar twee voorbeelden van.

De oventhermometer in afbeelding 8 heeft een wijzer die langs een schaalverdeling in °C beweegt. Bij het aflezen moet je er goed op letten hoeveel elk streepje waard is (net als bij een vloeistofthermometer).

De **koortsthermometer** in afbeelding 9 werkt elektronisch. De temperatuur wordt aangegeven met cijfers op een klein scherm. Daardoor zie je in één oogopslag hoe hoog de temperatuur is.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 8**
een oventhermometer



▲ **afbeelding 9**
een elektronische koortsthermometer

Plus Elektronische thermometers

De koortsthermometer in afbeelding 9 is een voorbeeld van een **elektronische thermometer**. Zo'n thermometer heeft een metalen stift die **sensor** wordt genoemd. De sensor voelt de temperatuur en vertaalt die naar een elektrisch signaal. Een klein computertje in de thermometer leidt uit dit signaal af hoe hoog de temperatuur is.

Op school kun je proeven doen met een temperatuursensor. Je sluit zo'n sensor dan via een **meetkastje** aan op een computer (afbeelding 10). Tijdens de proef gebruik je een speciaal **meetprogramma**. Dit programma kijkt hoe sterk het elektrische signaal is en berekent dan de temperatuur.

Het meetprogramma kan de temperatuur op verschillende manieren weergeven:
– als getallen in een tabel
– als punten in een grafiek



▶ **afbeelding 10**
een meetopstelling met een temperatuursensor

3 Veranderen van fase

’s Winters zijn bomen en struiken na een koude nacht soms opeens bedekt met een dikke laag rijp. Als de dooi invalt, wordt het ijs waar je gisteren nog op schaatste, snel onbetrouwbaar. In al deze situaties heb je te maken met water dat van fase verandert.

Fase-overgangen

Als ijs smelt, zie je water van fase veranderen. De vaste fase gaat dan over in de vloeibare fase. Daarom noem je smelten een **fase-overgang**.

Er zijn zes fase-overgangen (afbeelding 11):
- **smelten**: een vaste stof wordt een vloeistof.
- **verdampen**: een vloeistof wordt een gas.
- **condenseren**: een gas wordt een vloeistof.
- **bevriezen**: een vloeistof wordt een vaste stof.
- **vervluchtigen**: een vaste stof wordt een gas.
- **rijpen**: een gas wordt een vaste stof.



▶ **afbeelding 11**
de fase-overgangen in schema

Voor de overgang van vloeistof naar vaste stof bestaan twee woorden: stollen en bevriezen. Van water zeg je dat het bevriest, van kaarsvet dat het stolt. Welk woord je gebruikt, hangt af van de temperatuur. Als een vloeistof vast wordt bij een temperatuur van 0 °C of lager, noem je dat ‘bevriezen’. Als hetzelfde gebeurt bij een hogere temperatuur, gebruik je het woord ‘stollen’.



▲ **afbeelding 12**
Dauw bestaat uit kleine waterdruppels.



▲ **afbeelding 13**
Door rijp gaan bomen en struiken er heel anders uitzien.

Fase-overgangen en het weer

De fase-overgangen van water spelen een belangrijke rol bij allerlei weersverschijnselen.

Smelten

Als het gaat dooien, smelt de ijslaag op plassen en vijvers snel weg. Boomtakken die pas nog wit waren van de rijp, worden nu weer kaal, terwijl de waterdruppels naar beneden vallen. Vast water (ijs) wordt weer vloeibaar water.

Verdampen

Als na een regenbui de zon schijnt, zijn de straten al gauw weer droog. Plassen worden steeds kleiner en verdwijnen ten slotte helemaal. Dat komt doordat het regenwater bij warm weer snel verdampt: zichtbaar water wordt onzichtbare waterdamp.

Condenseren

Als warme lucht 's nachts afkoelt tegen een koud voorwerp, condenseert de waterdamp die in de lucht zit. Op grassprieten en bladeren verschijnen dan kleine waterdruppels (afbeelding 12). Onzichtbare waterdamp wordt zichtbaar water. Dat zichtbare water noem je dauw.

Bevriezen

Als het vriest, ontstaat er een laag ijs op het water in plassen en vijvers. Het bovenste laagje water bevriest: het vloeibare water wordt vast. Als het blijft vriezen, groeit het ijslaagje van onderaf steeds verder aan.

Vervluchtigen

Als de lucht erg koud en droog is, wordt een laag sneeuw geleidelijk dunner. Toch zie je geen plasje water bij de sneeuw liggen. Dat komt doordat sneeuw onder die omstandigheden niet smelt, maar langzaam verandert in waterdamp. De sneeuw vervluchtigt langzaam. Er zijn ook stoffen die snel vervluchtigen, zoals vast koolstofdioxide ('droog ijs').

Rijpen

Als de temperatuur 's nachts daalt tot onder 0 °C, ontstaat er geen dauw, maar rijp. De waterdamp in de lucht gaat over in kleine ijskristallen die boomtakken en grassprieten een prachtig wit uiterlijk geven (afbeelding 13).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Vriesdrogen

De temperatuur speelt een belangrijke rol bij allerlei fase-overgangen. Water verdampt bijvoorbeeld sneller als de temperatuur stijgt. Daarom blaast een föhn hete lucht door je natte haren. De warme lucht neemt het water veel gemakkelijker op dan koude lucht. Daardoor drogen je haren sneller.

Minder bekend is dat je dingen ook kunt drogen bij temperaturen die ver onder het vriespunt liggen. Dit wordt **vriesdrogen** genoemd (afbeelding 14). Deze droogtechniek wordt onder andere gebruikt om oploskoffie te maken. Dat gaat als volgt:

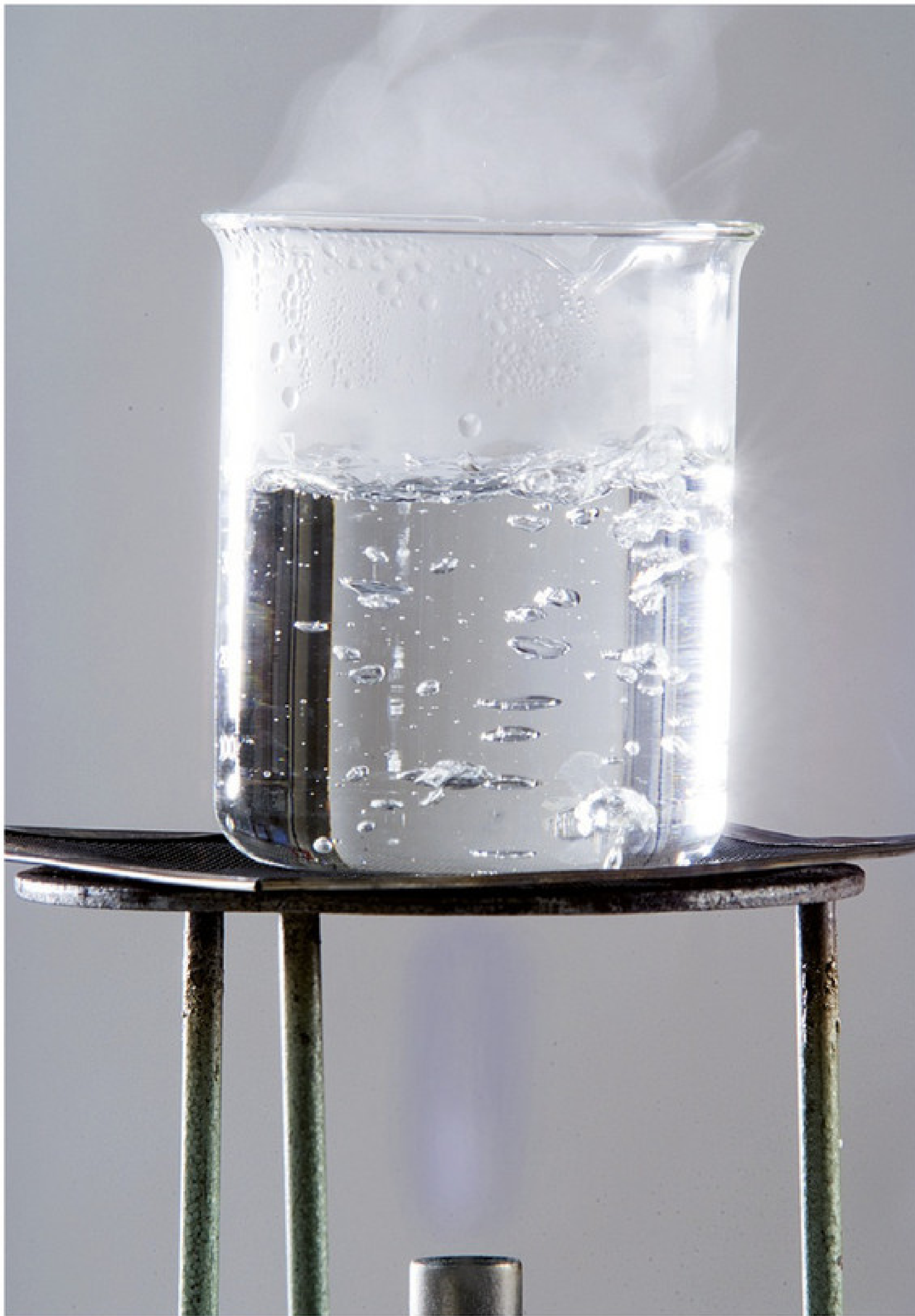
1. Eerst wordt sterke koffie gezet. De vloeistof wordt meteen daarna bevroren.
2. Het koffie-ijs wordt vermalen tot korreltjes. Die korreltjes gaan naar een speciale drukkamer waar de lucht uit weggezogen wordt.
3. In de drukkamer vervluchtigt het ijs tot waterdamp. Die waterdamp wordt, net als de lucht, meteen weggezogen. Er blijft een bruin poeder over: de oploskoffie.

Door lucht en waterdamp uit de drukkamer weg te zuigen, kun je het vervluchtigen enorm versnellen. Onder gewone omstandigheden vervluchtigt ijs maar langzaam.



▲ **afbeelding 14**
Oploskoffie wordt gemaakt door pas gezette koffie te vriesdrogen.

4 Kookpunt en smeltpunt



▲ **afbeelding 15**
Het water kookt; de temperatuur is 100 °C.

Van het water dat bij een regenbui naar beneden valt, is al gauw niets meer te zien. Een deel wordt afgevoerd via het riool, een deel zakt in de bodem weg en een deel verdampt. Dat verdampen gaat heel onopvallend. Je ziet helemaal niets, behalve dat de hoeveelheid water langzaam afneemt. Maar water kan ook op een opvallender manier verdampen.

Het kookpunt Proef 3 en 4

Als je water verhit, ontstaan er eerst kleine luchtbelletjes op de bodem. In warm water kan minder lucht oplossen dan in koud water, dus de lucht gaat er uit. Het geluid dat hierbij ontstaat, wordt het 'zingen' van het water genoemd. Als de temperatuur 100 °C is, ontstaan er grote dampbellen. In de dampbellen zit geen lucht; de dampbellen bestaan uit waterdamp. De dampbellen ontstaan onder het wateroppervlak en stijgen op. Aan de oppervlakte barsten ze uit elkaar. Dat noemen we **koken**. Het water verdampt niet alleen aan het oppervlak, maar overal in de vloeistof (afbeelding 15).

Als je doorgaat met verwarmen, blijft het water koken tot het helemaal verdampt is. De temperatuur van het water blijft daarbij steeds 100 °C. Deze temperatuur noem je het **kookpunt** van water.

Elke stof heeft een eigen kookpunt: water kookt bij 100 °C, propaan (dit zit in kampeergas) bij –42 °C, alcohol bij 78 °C en lood bij 1740 °C (zie tabel 1). Het kookpunt is een belangrijke stofeigenschap.

▼ **tabel 1** smeltpunt en kookpunt van enkele stoffen

stof	smeltpunt (°C)	kookpunt (°C)
aceton	–95	56
alcohol	–114	78
aluminium	660	2467
butaan	–138	–0,5
ether	–116	35
glycerol	20	290
goud	1064	2860
ijzer	1559	2800
kwik	–39	357
lood	328	1740
propaan	–188	–42
stikstof	–210	–196
water	0	100
zuurstof	–219	–183

Het smeltpunt Proef 5

Als de temperatuur 's winters beneden de 0 °C komt, bevriest het water in sloten en plassen. Als de temperatuur boven de 0 °C komt, smelt het ijs weer. Die temperatuur van 0 °C noem je het **smeltpunt** van ijs of het **vriespunt** van water.

Als je keukenzout of antivries aan het water toevoegt, wordt het vriespunt lager. Het water bevriest dan niet meer bij 0 °C, maar pas bij een lagere temperatuur (afbeelding 16).



▶ **afbeelding 16**
Door met zout te strooien kun je het vriespunt verlagen.

In tabel 1 zie je het smeltpunt of **stolpunt** van een aantal stoffen (het woord 'vriespunt' gebruik je alleen bij water). Net als het kookpunt is het smeltpunt een kenmerkende stofeigenschap.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

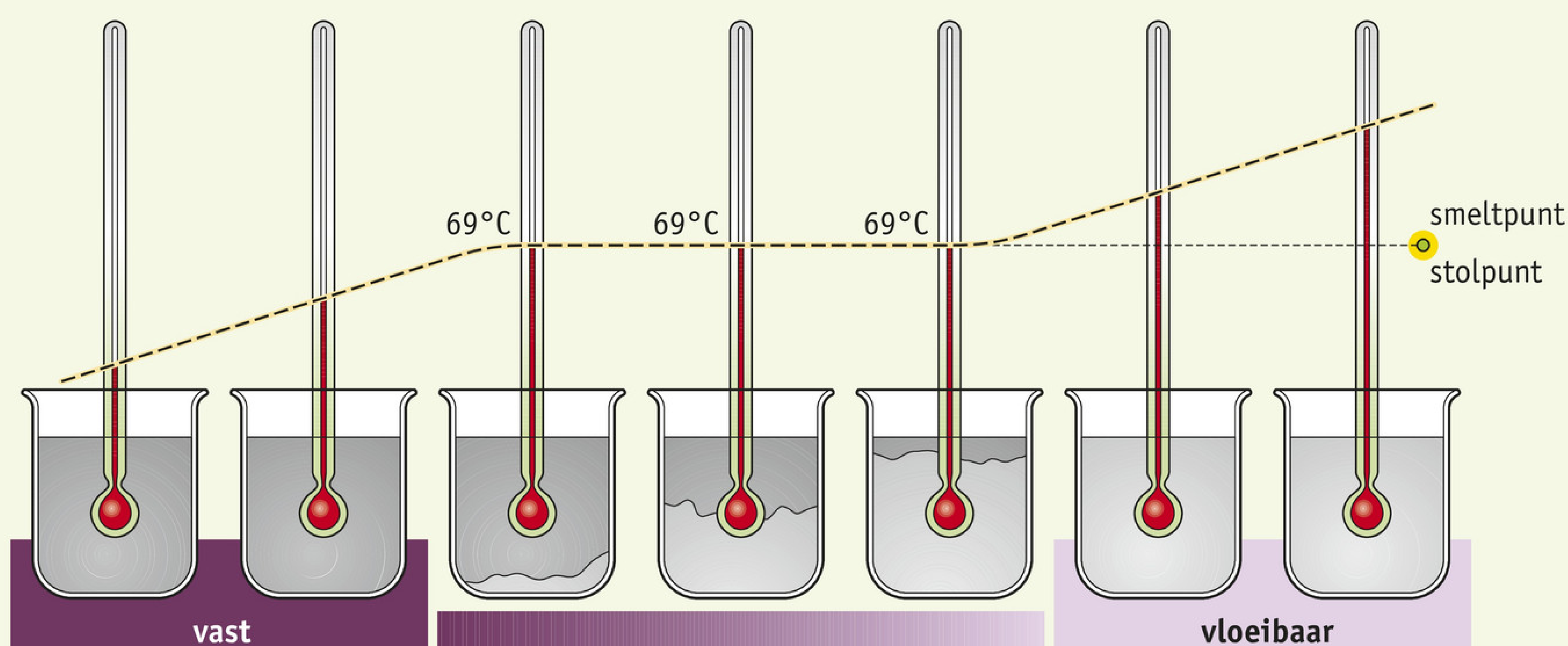
Plus Stearinezuur smelten en laten stollen

Als je vast kaarsvet (stearinezuur) verwarmt, stijgt de temperatuur tot 69 °C. Dit is het smeltpunt van stearinezuur. Bij deze temperatuur begint het stearinezuur te smelten.

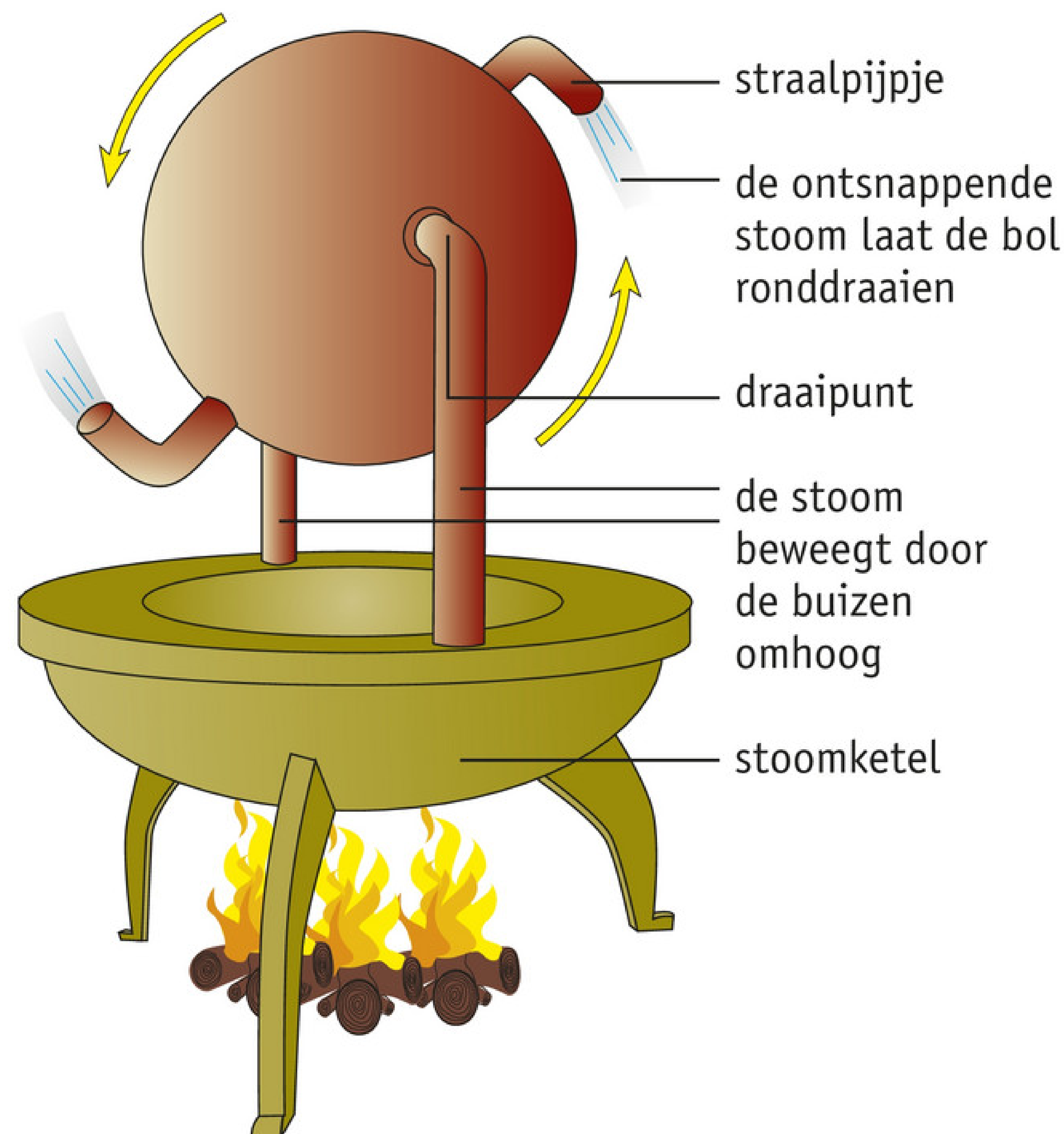
Als je doorgaat met verwarmen blijft de temperatuur 69 °C, totdat alle stearinezuur gesmolten is. Pas als alle stearinezuur vloeibaar is, stijgt de temperatuur weer (afbeelding 17).

Als je het vloeibare stearinezuur weer laat afkoelen, daalt de temperatuur tot 69 °C. Dit is het stolpunt van stearinezuur. Als je doorgaat met afkoelen blijft de temperatuur 69 °C, totdat alle stearinezuur is gestold. Pas als alle stearinezuur vast is, daalt de temperatuur verder.

▼ **afbeelding 17**
stearinezuur smelten



5 Extra: De kracht van stoom



▲ **afbeelding 18**
de stoommachine van Heron

Als je water aan de kook brengt, ontstaat er stoom. Bij het koken zet het water uit. Uit 1 liter vloeibaar water kun je wel 1600 liter stoom maken. Hier wisten de Grieken tweeduizend jaar geleden al handig gebruik van te maken.

Een tweeduizend jaar oude stoommachine

In afbeelding 18 zie je de stoommachine die Heron van Alexandrië tweeduizend jaar geleden gebouwd heeft. In de schotel bevindt zich water dat door het vuur aan de kook gebracht wordt. De **waterdamp,** oftewel **stoom,** die hierbij ontstaat wordt via twee buizen naar de draaibare bol geleid. De stoom stroomt via de twee straalpijpjes uit de bol. Dit gebeurt met een behoorlijke kracht, waardoor de bol snel rond gaat draaien.

Stoom onder druk

De stoom kan via de twee straalpijpjes vrij gemakkelijk ontsnappen uit Herons stoommachine. De stoom hoeft niet hard te duwen om door de straalpijpjes te kunnen stromen. Hierdoor loopt de druk in Herons **stoommachine** niet zo hoog op.

In moderne elektriciteitscentrales wordt ook stoom gemaakt door water aan de kook te brengen. De druk van de stoom in elektriciteitscentrales is vele malen, tot wel 100 keer, groter dan de druk in Herons stoommachine. Met stoom onder hoge druk kun je grote krachten uitoefenen.

In elektriciteitscentrales worden grote **turbines** (afbeelding 19) aan het draaien gebracht door de stoom die er langs stroomt. Dat kun je vergelijken met windmolens waar de wind langs blaast, maar dan vele malen krachtiger. De turbines in elektriciteitscentrales draaien iedere seconde 25-50 keer rond. De turbines zijn gekoppeld aan grote dynamo's die generatoren genoemd worden. Deze generatoren voorzien honderdduizenden mensen van elektriciteit.



▲ **afbeelding 19**
een stoomturbine

Stoomexplosies

De kracht van stoom kan ook gevaarlijk zijn. Een ketel of pijpleiding die stoom onder hoge druk bevat, kan stuk gaan. De hete stoom stroomt dan met enorme kracht naar buiten en sleurt alles op zijn pad mee. Je kunt niet alleen gewond raken door de hete stoom, maar ook door rondvliegend puin.



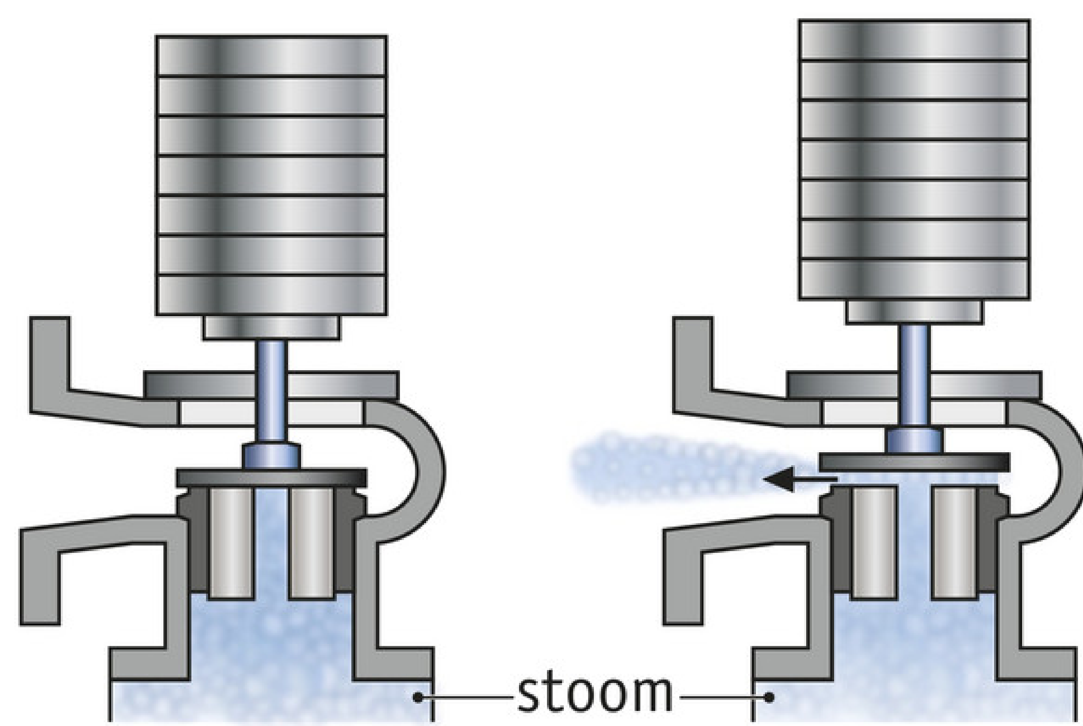
▲ **afbeelding 20**
de gevolgen van de ontplofte stoomleiding

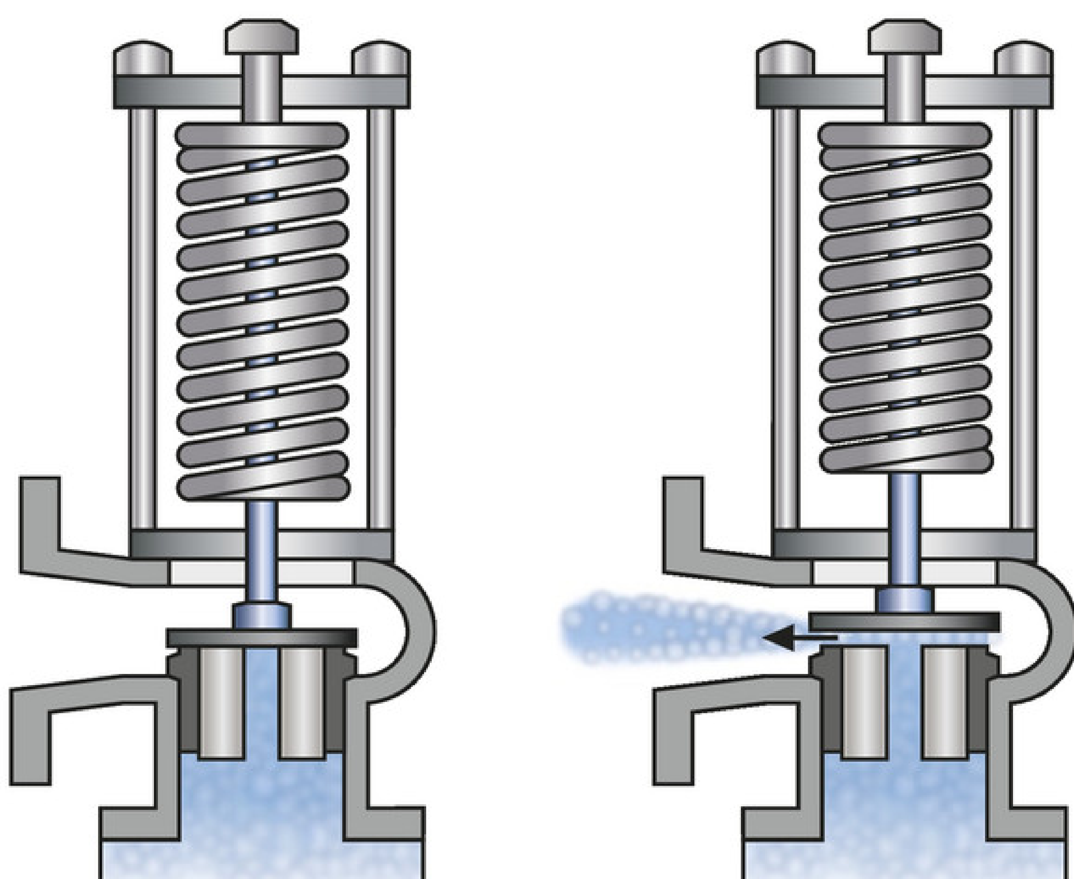
Op 18 juli 2007 explodeerde een ondergrondse stoomleiding onder een druk kruispunt in New York. De stoom blies heet water en modder meer dan 100 meter de lucht in. In de buurt van het kruispunt staat een gebouw van 319 meter hoog. Dit was door de witte nevelwolken niet meer te zien. Pas na twee uur trok de nevel op en werd een krater van 10 meter doorsnee en 4 meter diepte zichtbaar (afbeelding 20). De oorzaak: een zwakke plek in een tachtig jaar oude stoompijp.

De Stoomwet

Aan het begin van het stoomtijdperk, nu zo'n tweehonderd jaar geleden, had de veiligheid nog niet zoveel aandacht. Maar er gebeurden zoveel ongelukken dat daar al snel verandering in kwam. In 1824 werd in Nederland de **Stoomwet** van kracht. Daarin stonden allerlei regels die voor meer veiligheid moesten zorgen.

Door de Stoomwet werd het verplicht om ketels te beveiligen met allerlei veiligheidsvoorzieningen. Een voorbeeld van die voorzieningen zijn veiligheidskleppen. Deze kleppen gaan meteen open als de druk in een ketel te hoog oploopt (afbeelding 21). Daardoor kan er stoom ontsnappen, zodat de druk in de ketel weer zakt. Buiten de ketel zie je dan een grote wolk. De hete stoom is gecondenseerd in de koude buitenlucht.





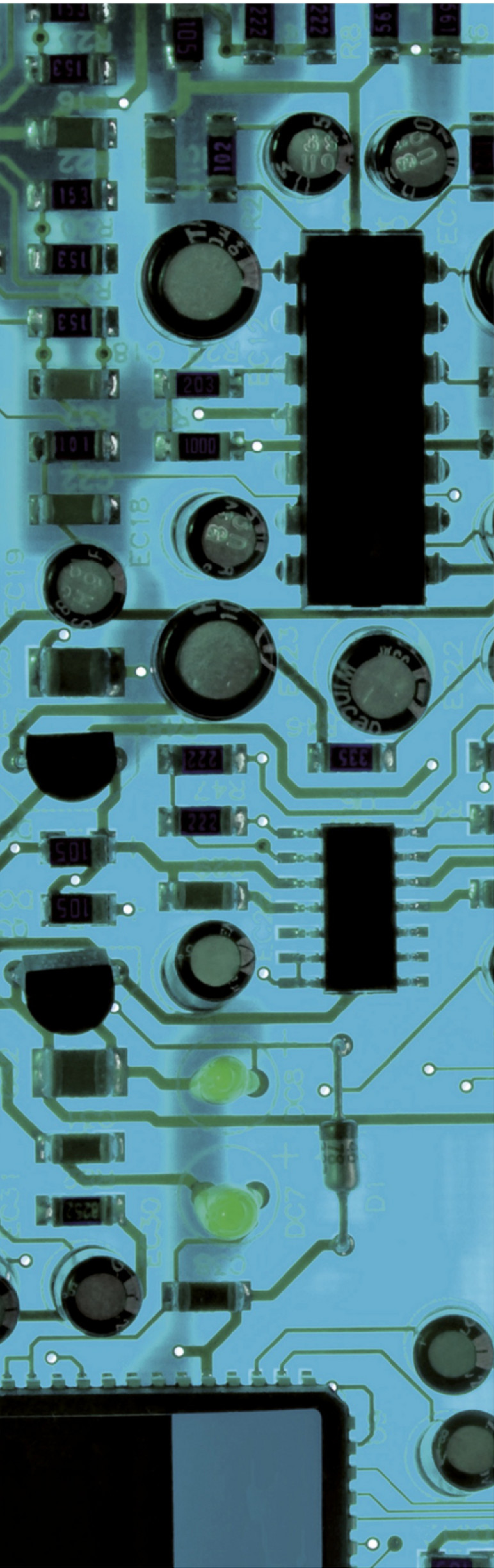
▲ **afbeelding 21**
veiligheidskleppen op een stoomketel

De veiligheidskleppen gaan open bij een vooraf ingestelde druk. De stoomketel moet door de ketelbouwer zo ontworpen zijn dat hij geschikt is voor deze druk. Een tweede verplichting van de Stoomwet is dat bij het ontwerpen een veiligheidsmarge aangehouden moet worden. De stoomketel is bestand tegen een druk die beduidend groter is dan de druk waarbij de veiligheidsklep open gaat. Vaak gaat een stoomketel pas stuk als de druk minstens 30% groter is dan de openingsdruk van de veiligheidsklep.

Omdat Nederland onderdeel is van de EEG is de Stoomwet inmiddels vervangen door een Europese richtlijn: de richtlijn drukapparatuur (Richtlijn 97/23/EG). Deze lijkt veel op de Nederlandse Stoomwet.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.





4

Elektriciteit

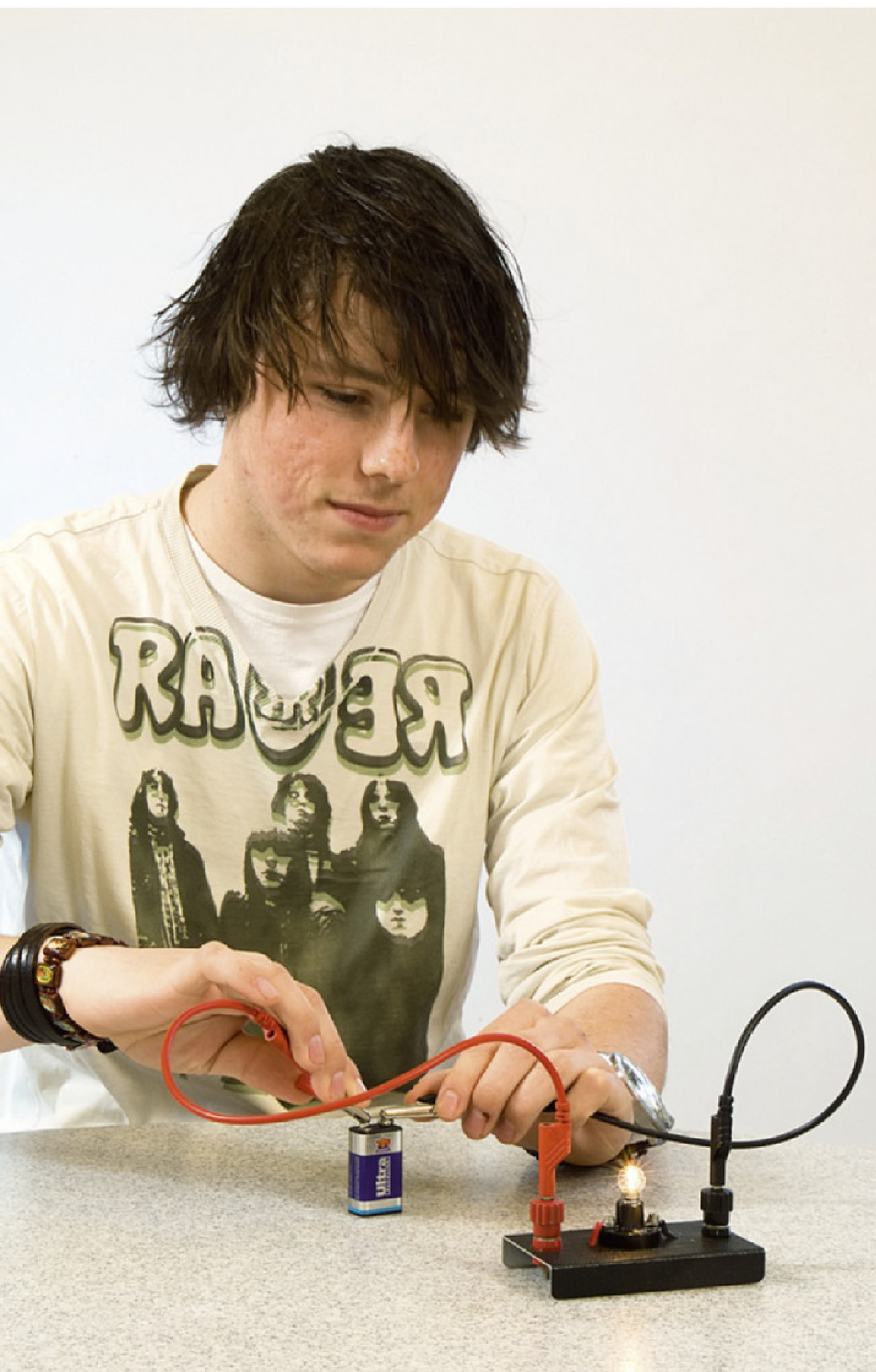
Mobiele apparaten

Een elektrisch apparaat dat op batterijen werkt, kun je meenemen en gebruiken waar je maar wilt. Je bewegingsvrijheid wordt niet beperkt door de lengte van het snoer – zolang je niet vergeet om de batterijen tijdig op te laden of te verwisselen.

Basisstof

Extra

1 Een stroomkring maken



▲ **afbeelding 1**
een stroomkring maken

Je komt in huis allerlei apparaten tegen die op elektriciteit werken. Apparaten die veel elektrische energie nodig hebben, zoals een stofzuiger of een waterkoker, sluit je aan op het lichtnet. Andere apparaten, zoals een mobiele telefoon of een mp3-speler, halen de elektrische energie die ze nodig hebben uit batterijen of accu's.

Een gesloten stroomkring

Met een batterij kun je een fietslampje laten branden. Dat lukt alleen als de stroom van de batterij naar het lampje, door de gloeidraad van het lampje en weer terug naar de andere kant van de batterij kan stromen (afbeelding 1). Er is dan een gesloten **stroomkring**. Als je de stroomkring onderbreekt, gaat het lampje weer uit.

Elk onderdeel van deze stroomkring heeft een eigen functie:

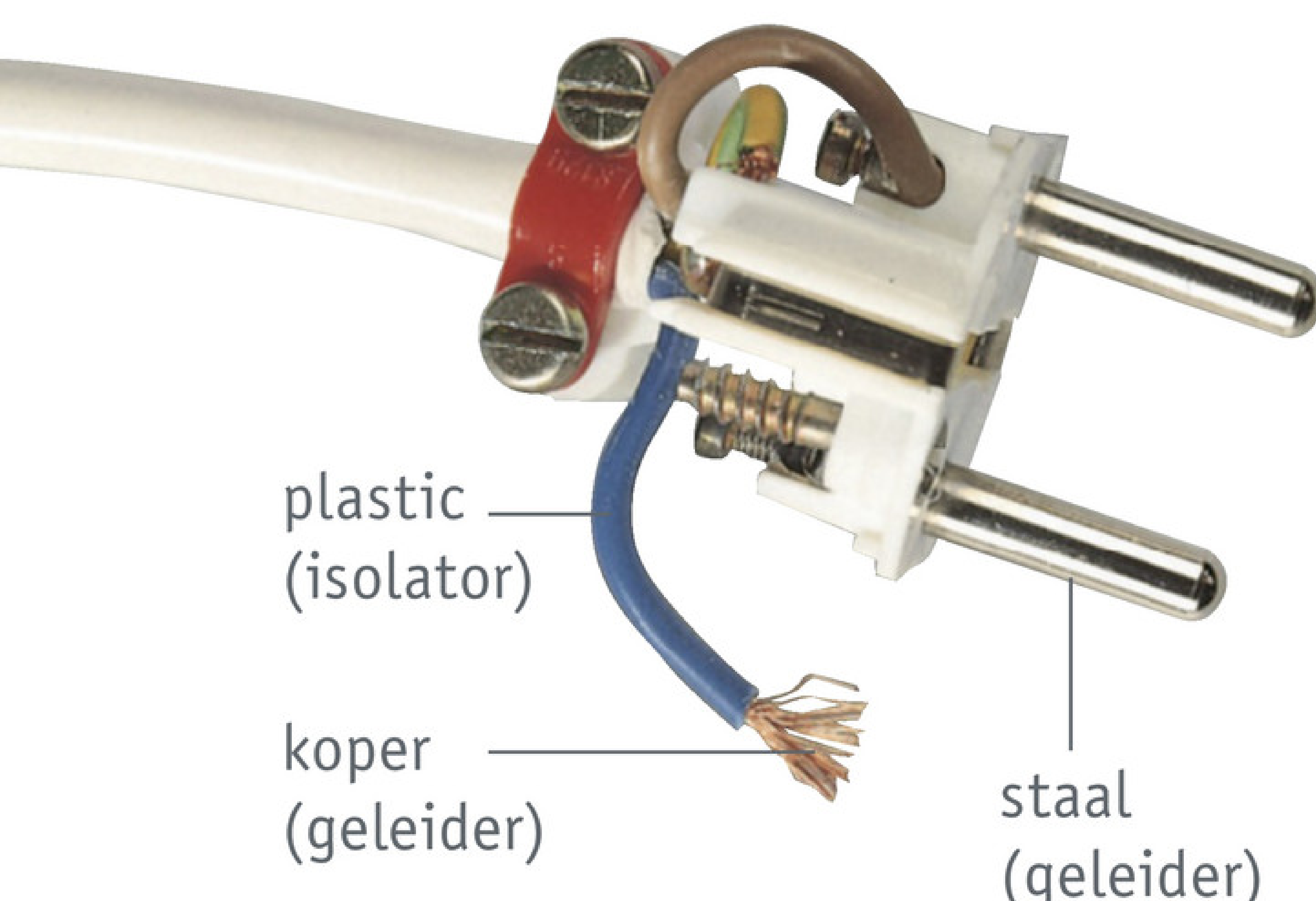
– De batterij levert de **elektrische energie**.
– De draden vervoeren de energie naar het lampje. De energie wordt van de batterij naar het lampje vervoerd en van het lampje weer terug naar de batterij.
– Het lampje zet de elektrische energie om in licht en warmte.

Een batterij kan maar een beperkte hoeveelheid elektrische energie leveren. Als die energie op is, zeg je dat de batterij 'leeg' is. Een oplaadbare batterij kan opgeladen worden, zodat hij opnieuw elektrische energie kan leveren. Met een niet-oplaadbare batterij gaat dat niet. Die gooi je bij het klein chemisch afval als hij leeg is.

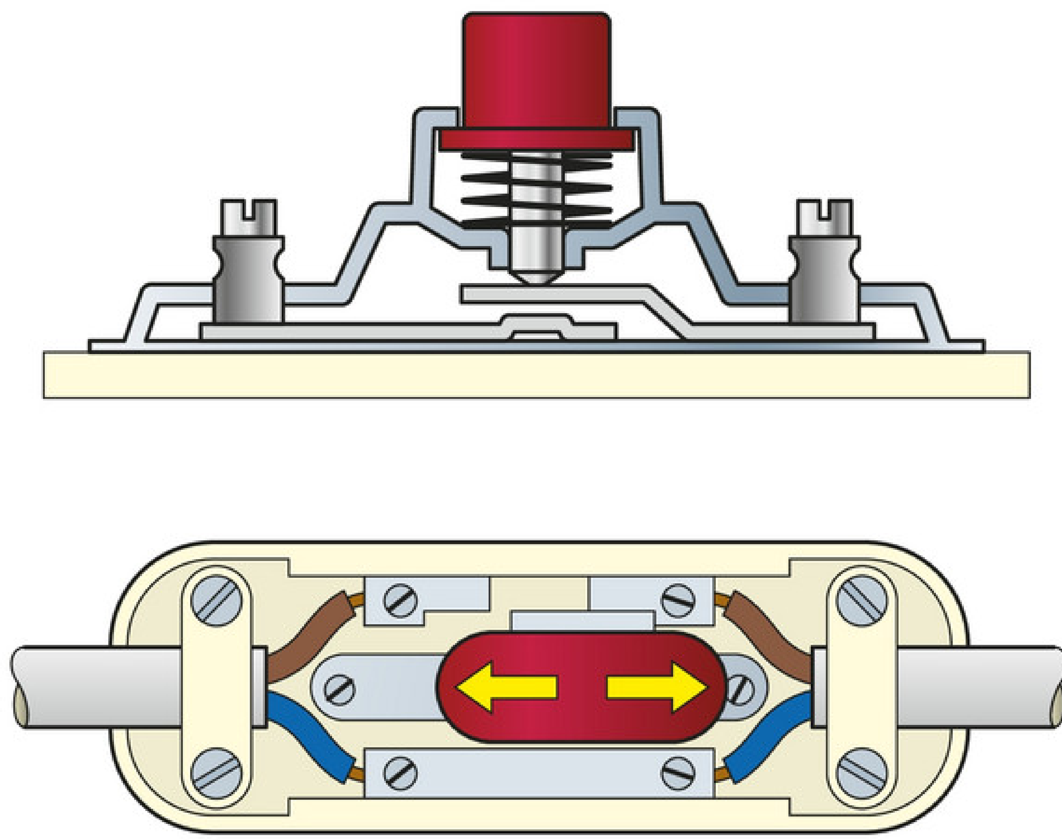
Isolerende en geleidende stoffen Proef 1

Er zijn verschillende manieren om de onderdelen van een stroomkring met elkaar te verbinden. Meestal gebruik je daar snoeren voor. De elektrische stroom loopt door het koperdraad dat in zo'n snoer zit. De buitenkant van het snoer is van plastic. Daar loopt geen elektrische stroom doorheen (afbeelding 2).

Stoffen waar een elektrische stroom gemakkelijk doorheen kan lopen, heten **geleiders**. Alle metalen zijn geleiders, maar het ene metaal geleidt beter dan het andere. Koper en aluminium geleiden



◀ **afbeelding 2**
Een stekker en een elektriciteitssnoer bestaan uit geleiders en isolatoren.



▲ **afbeelding 3**
twee soorten schakelaars

bijvoorbeeld beter dan ijzer en lood. Koolstof is ook een geleider, al is het geen metaal.

Stoffen die een elektrische stroom niet of heel slecht doorlaten, heten **isolatoren**. Voorbeelden zijn rubber, glas en de meeste soorten plastic. Als een vaste stof geen metaal is, dan is het bijna altijd een isolator. Ook lucht is een goede isolator.

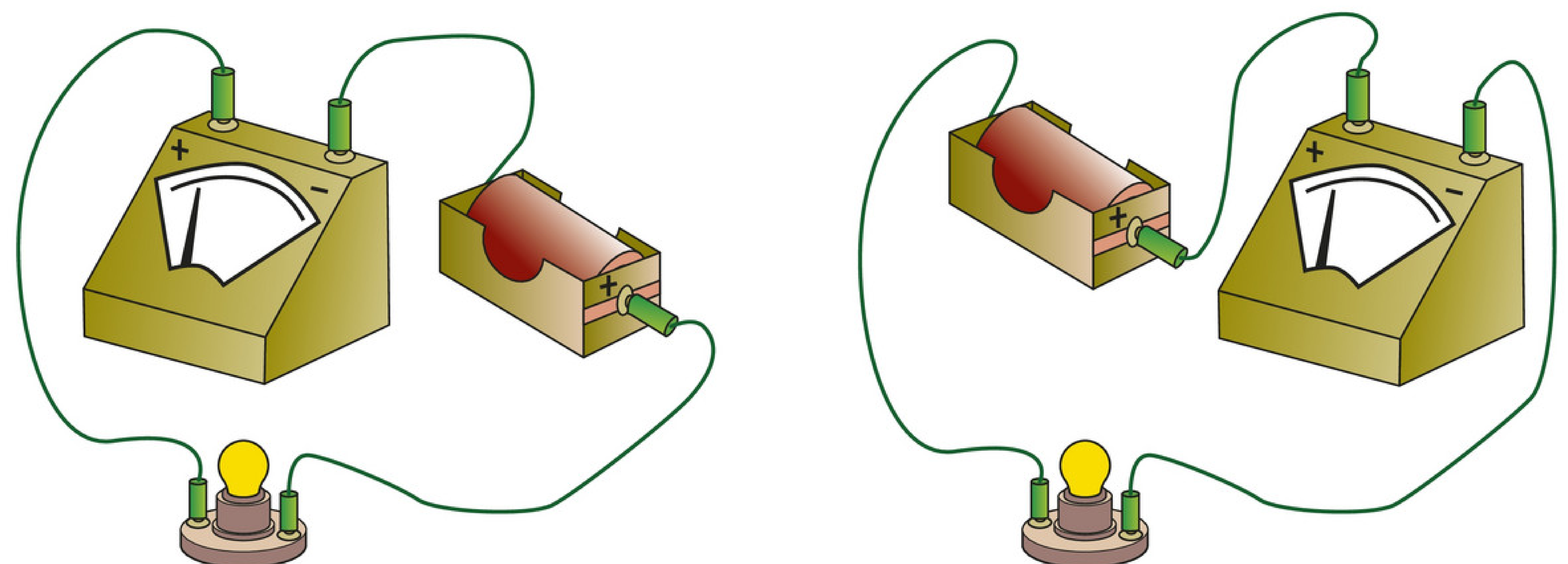
In een gesloten stroomkring loopt de stroom door de geleidende delen van snoeren, lampjes of andere apparaten. Met een **schakelaar** kun je de stroom in- en uitschakelen (afbeelding 3). Als je de stroom inschakelt, komen twee geleidende delen in de schakelaar met elkaar in contact. De stroomkring wordt zo gesloten. Als je de stroom uitschakelt, is er geen geleidende verbinding meer.

De stroom meten Proef 2

Als je een lampje op een batterij aansluit, gaat er een stroom door het lampje lopen. Met een **stroommeter** kun je meten hoe groot de stroom is. De grootte van de stroom, de **stroomsterkte**, heeft als eenheid de ampère (A). Een stroommeter wordt daarom ook wel ampèremeter genoemd. Als de stroomsterkte klein is, meet je de stroom meestal in milliampère (mA).

Omrekenen doe je als volgt:
1 mA = 0,001 A
1 A = 1000 mA

De stroomsterkte is op elke plaats in de stroomkring even groot (afbeelding 4). Het maakt dan ook niet uit waar je de stroommeter in de stroomkring opneemt: links of rechts van het lampje.



▲ **afbeelding 4**
twee manieren om de stroomsterkte te meten

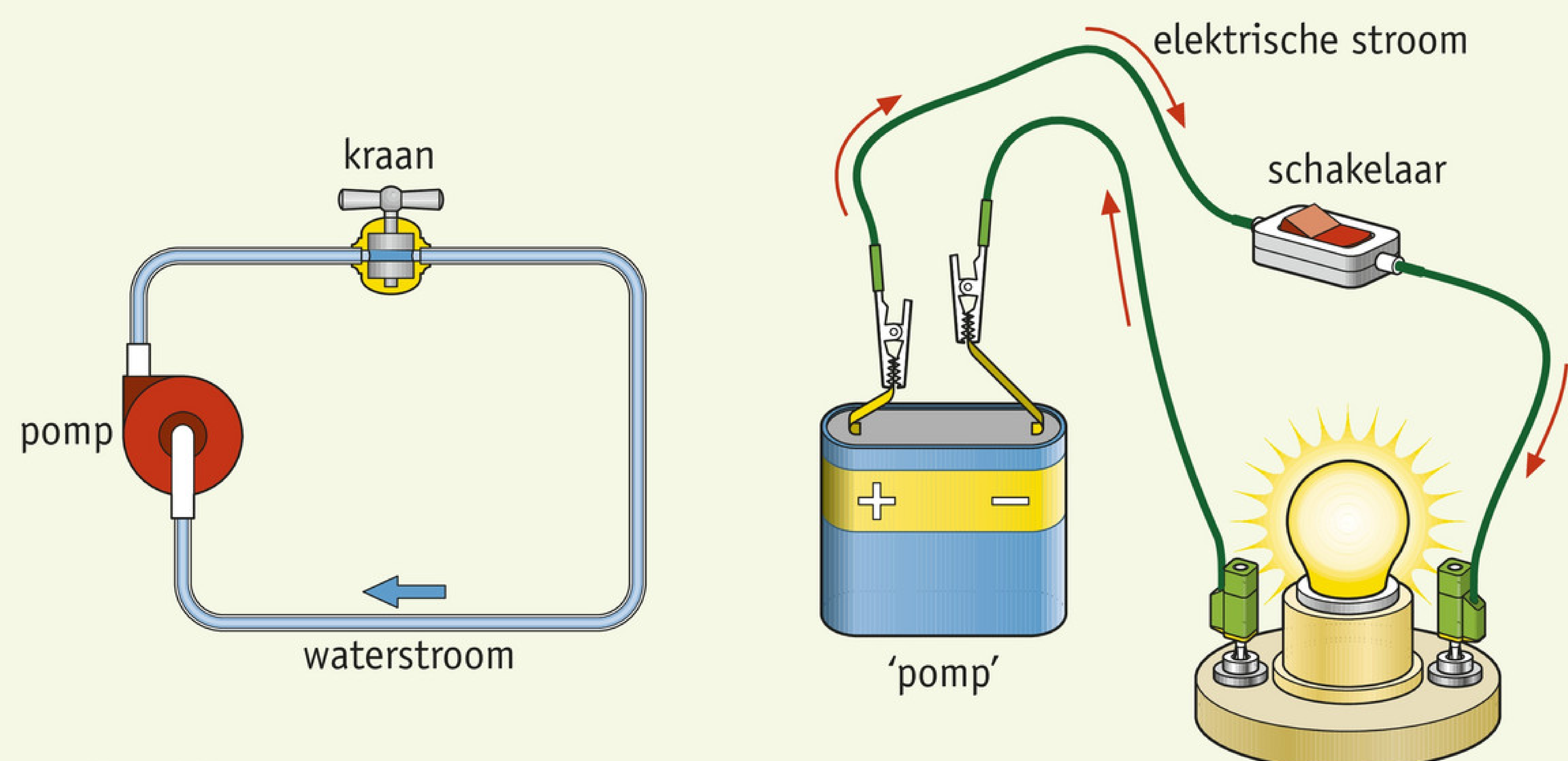
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De waterstroomkring

Vroeger dachten natuurkundigen dat elektriciteit een soort vloeistof is, die door draden kan stromen. Daar komt het woord 'stroom' vandaan. Later is ontdekt dat dit idee niet klopt. Toch kun je een elektrische stroom goed vergelijken met water dat door buizen stroomt.

In afbeelding 5 zie je links een 'waterstroomkring', met buizen, een pomp en een kraan. Als je de kraan openzet, begint het water te stromen. Draai je de kraan dicht, dan stopt de waterstroom. Rechts is een stroomkring getekend met snoertjes, een batterij, een lampje en een schakelaar.

Als je de schakelaar op AAN zet, stroomt er elektriciteit door de draden en het lampje. Zet je de schakelaar op UIT, dan loopt er geen elektrische stroom meer. Met de 'waterstroomkring' kun je dus uitleggen hoe de elektriciteit rond stroomt door een stroomkring en hoe een schakelaar werkt.



▲ **afbeelding 5**
Een waterstroom en een elektrische stroom lijken op elkaar.

2 Spanningsbronnen

In iedere stroomkring zit een apparaat dat elektrische energie levert. Batterijen, accu's en dynamo's zijn hier voorbeelden van. Ze leveren elektrische energie voor apparaten en lampen die je niet op een stopcontact kunt aansluiten.

Spanning Proef 3

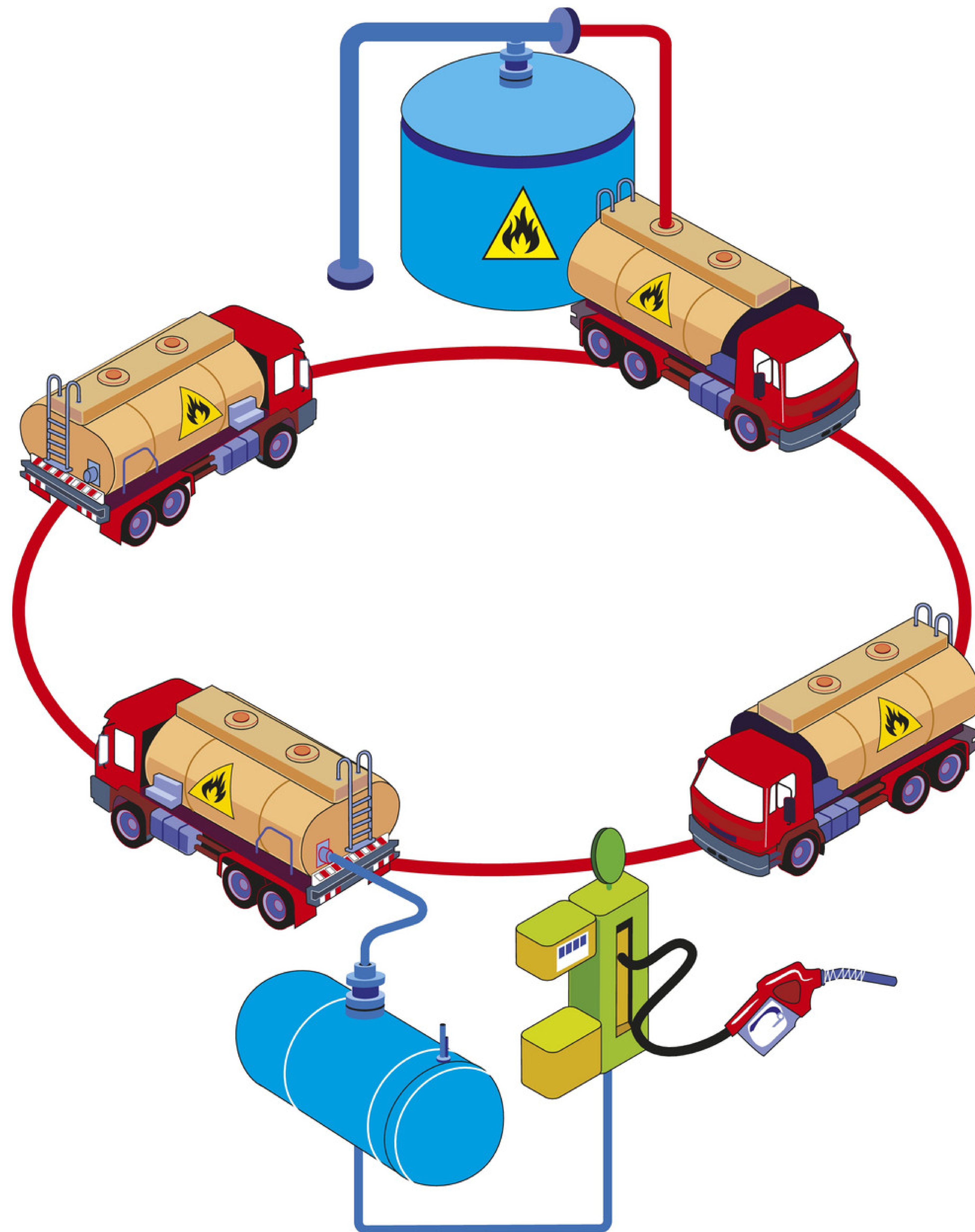
Om een stroomkring te maken, heb je een **spanningsbron** nodig die elektrische energie levert. Veelgebruikte spanningsbronnen zijn batterijen, accu's en dynamo's. Op batterijen staat altijd de **spanning** vermeld. De grootte van de spanning wordt gemeten in volt (V). In afbeelding 6 zie je verschillende batterijen. De spanningen verschillen per batterij: 1,2 volt, 1,5 volt, 4,5 volt, 6 volt, 9 volt en 12 volt.



◀ **afbeelding 6**
Enkele soorten batterijen; elk soort batterij heeft zijn eigen spanning.

Je kunt de spanning die op de batterij staat, controleren met een **spanningsmeter**. Je meet dan de spanning tussen de pluspool en de minpool van de batterij. Een spanningsmeter wordt ook wel een voltmeter genoemd.

▶ **afbeelding 7**
Je kunt het vervoer van elektrische energie vergelijken met het vervoer van benzine.



Energie vervoeren

Elektrische stroom vervoert elektrische energie. Hoeveel elektrische energie er wordt vervoerd, hangt af van de stroomsterkte èn van de spanning. Om te begrijpen waarom dat zo is, kun je kijken naar andere situaties waarin energie wordt vervoerd.

Je kunt een elektrische stroom vergelijken met tankauto's die benzine vervoeren (afbeelding 7). Hoe groter de tankauto, hoe meer benzine hij kan vervoeren. Dat kun je vergelijken met de spanning. Een hoge spanning vervoert meer energie dan een lage spanning. De 'stroomsterkte' kun je vergelijken met het aantal tankauto's dat per uur langsrijdt. Hoe meer auto's er rijden, hoe meer energie er wordt vervoerd. Bij een hoge stroomsterkte wordt meer energie vervoerd dan bij een lage stroomsterkte.
Als je de stroom in een stroomkring uitschakelt, is de spanning nog niet verdwenen. In het benzinevoorbeeld: de tankauto's zijn er nog steeds en er zit nog steeds benzine in. Ze staan alleen stil. Er wordt dus geen benzine meer vervoerd. Net zoals de uitgeschakelde stroom ook geen energie meer vervoert. Pas als de stroom weer loopt, komt het vervoer van energie weer op gang.



▲ **afbeelding 8**
In deze afstandsbediening gaan twee batterijen van 1,5 V.

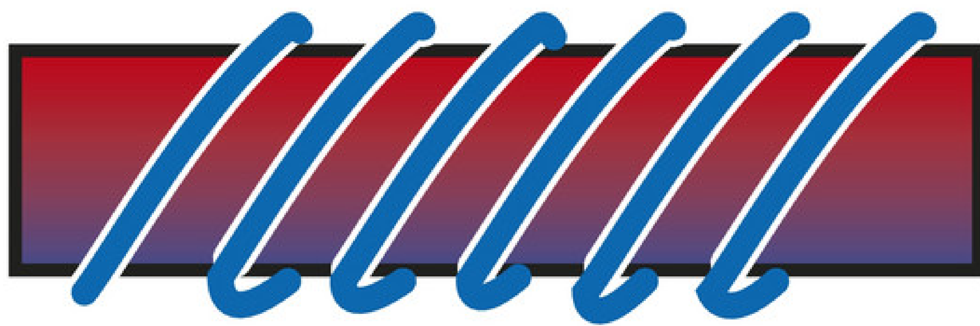
De juiste spanning gebruiken

Een fietslampje is ontworpen voor een spanning van 6 volt. Op die spanning brandt het lampje goed. Als je het lampje op 1,5 volt aansluit, brandt het heel zwak. En als je het op 12 volt aansluit, brandt het door.

Vaak heb je meer dan één batterij nodig om aan de juiste spanning te komen. Voor de afstandsbediening in afbeelding 8 heb je bijvoorbeeld twee staafbatterijen van 1,5 volt nodig. Je moet die batterijen **in serie** schakelen. Dat doe je door de pluspool van de ene batterij tegen de minpool van de andere batterij te leggen. Ze hebben dan samen een spanning van 3,0 volt. Je ziet:

Als je batterijen in serie schakelt, mag je hun spanningen bij elkaar optellen.

De meeste huishoudelijke apparaten zijn ontworpen voor een spanning van 230 volt. 230 volt is de spanning van de stopcontacten in huis.

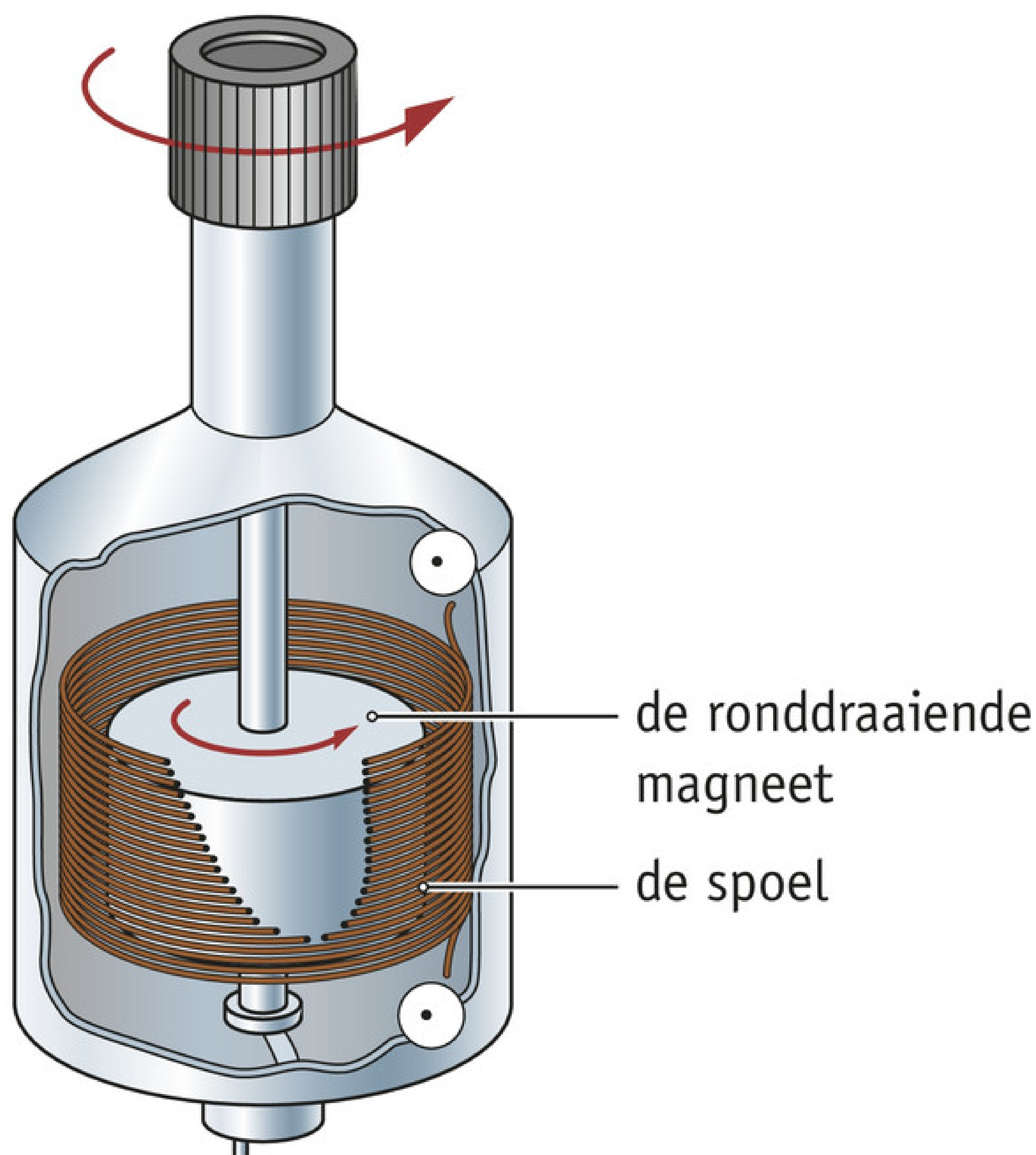


▲ **afbeelding 9**
een eenvoudige spoel

De dynamo

Naast batterijen en accu's worden ook dynamo's veel gebruikt als spanningsbron. De belangrijkste onderdelen van een **dynamo** zijn een **magneet** en een **spoel** van koperdraad. Een spoel is een draad die een aantal keren ergens omheen is gedraaid (afbeelding 9).

In de tekening is de koperdraad om een staaf gedraaid. In een dynamo is de koperdraad om een magneet gedraaid (afbeelding 10). De spoel zit dus om de magneet, maar de spoel en magneet raken elkaar niet. Als de magneet draait wordt in de spoel spanning opgewekt. Daar kun je een fietslampje mee laten branden.



▲ **afbeelding 10**
een dynamo

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

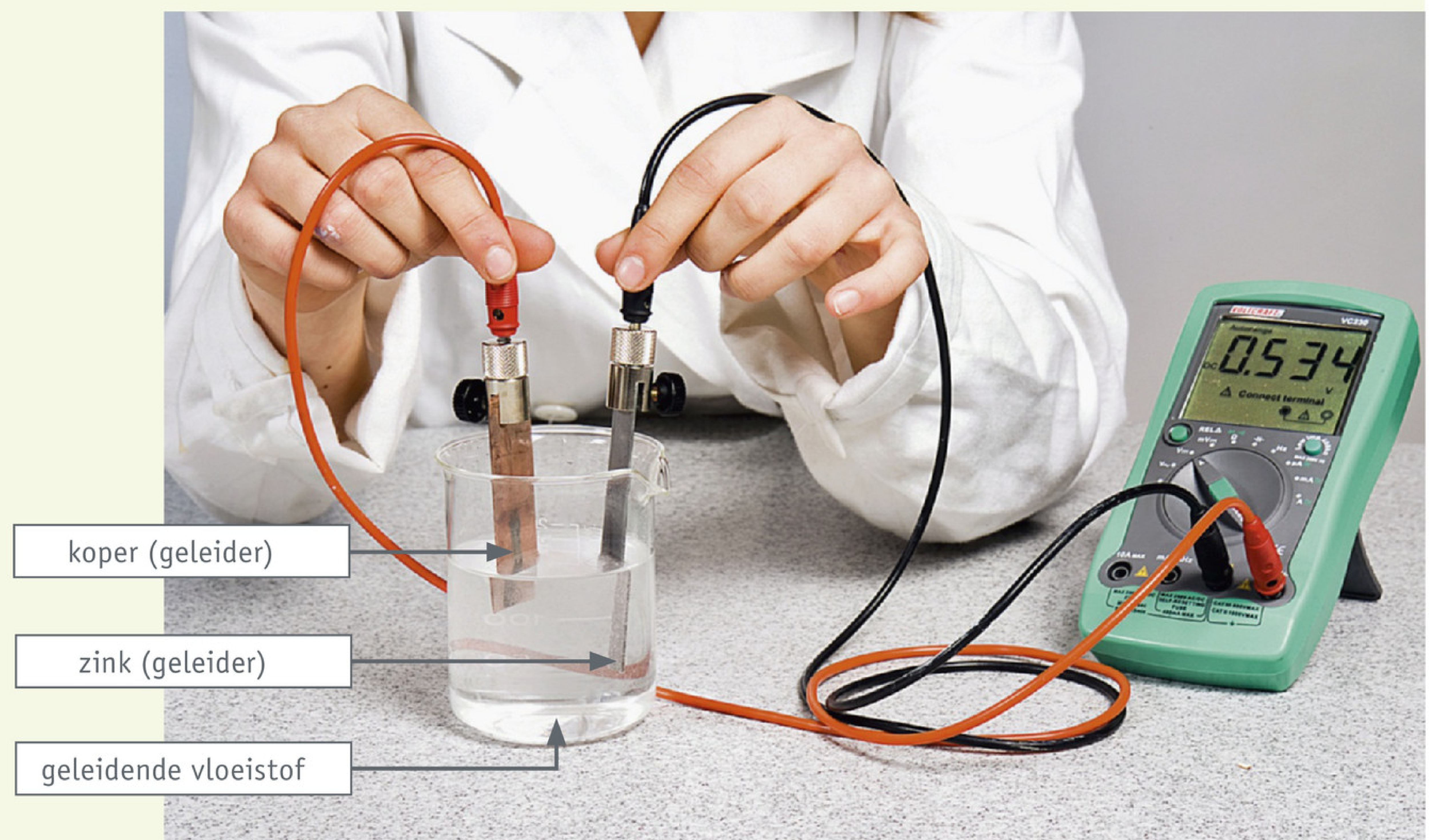
Plus Een zelfbouwbatterij

In afbeelding 11 zie je een batterij die je zelf kunt bouwen. Daarvoor heb je nodig:
- twee strips van verschillende, geleidende stoffen;
- een geleidende vloeistof;
- een bekerglas.

Voor de batterij in afbeelding 11 zijn strips van koper en zink gebruikt. De geleidende vloeistof is zout water. Dat is een goede geleider van elektriciteit, in tegenstelling tot zuiver water.

Als je de strips in het zoute water zet, leveren ze meteen een kleine spanning. Met een spanningsmeter kun je meten hoe groot die spanning is. Je kunt de spanning groter maken door een aantal van deze batterijen aan elkaar te verbinden (in serie te schakelen).

Als je de batterij elektrische energie laat leveren, wordt er zink verbruikt. De massa van de zinken strip neemt daardoor langzaam af. Dat merk je als je de strip een aantal keren weegt met een gevoelige weegschaal.



▲ **afbeelding 11**
een chemische spanningsbron

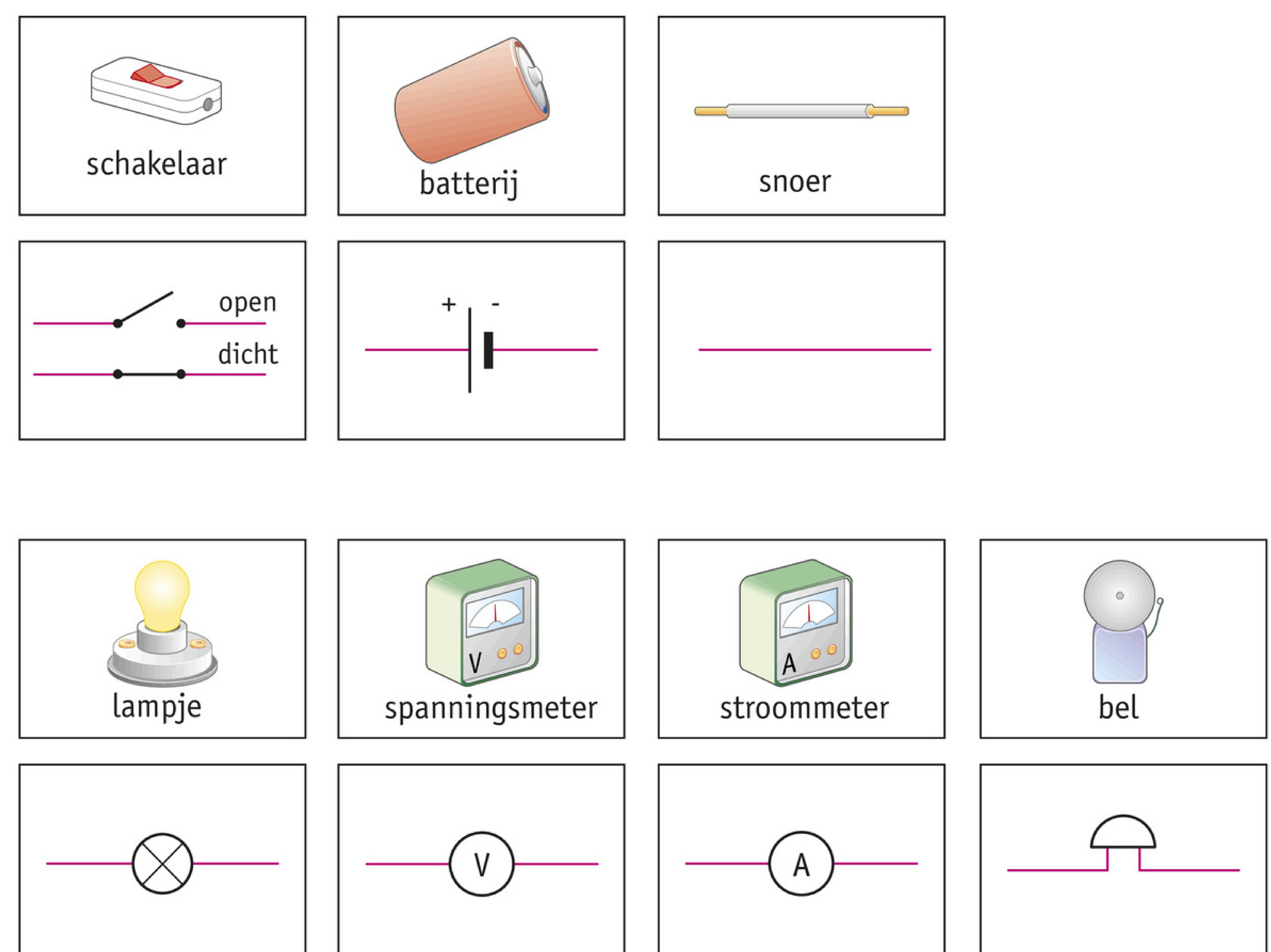
3 Schakelingen

Je kunt lampen, schakelaars, snoeren en spanningsbronnen op verschillende manieren met elkaar verbinden. Anders gezegd: je kunt ze op verschillende manieren aan elkaar schakelen. Als je tekent hoe de draden lopen kun je zien dat er altijd één of meer stroomkringen aanwezig zijn.

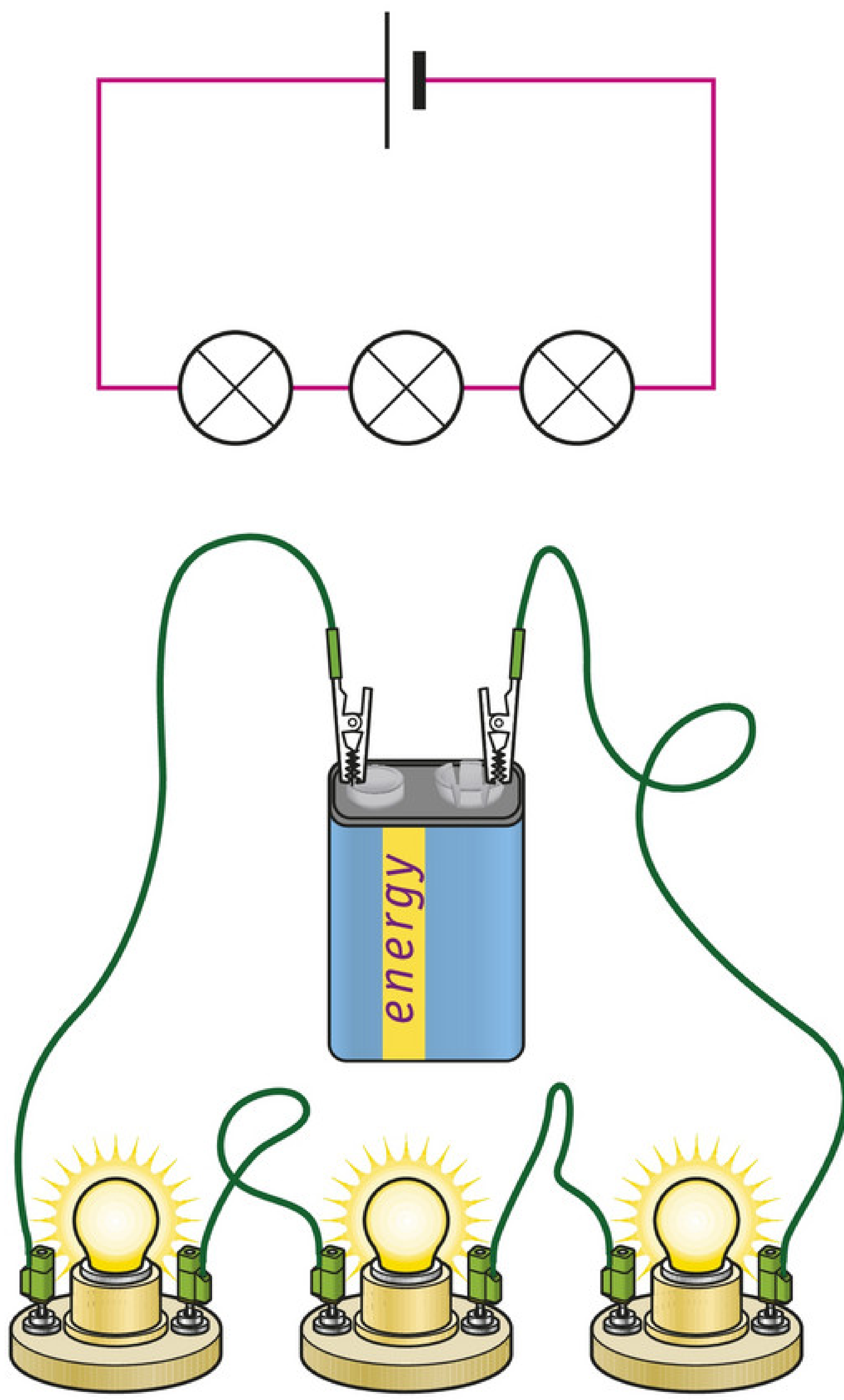
Schakelingen tekenen Proef 4 en 5

Een schakeling bestaat uit verschillende elektrische onderdelen. Als je wilt uitleggen hoe een **schakeling** in elkaar zit, kun je het best een tekening gebruiken. Er zijn speciale symbolen bedacht om overzichtelijke tekeningen van schakelingen te kunnen maken (zie afbeelding 12). Zulke tekeningen noem je **schakelschema's**.

Schakelschema's zijn onmisbaar bij proeven met elektriciteit. Het schema vertelt je welke onderdelen je nodig hebt en hoe je die met elkaar verbindt. Bij veel proeven staat er een schakelschema in het boek. Soms moet je zelf een schakelschema tekenen. Nadat je alle onderdelen hebt verzameld, bouw je de schakeling aan de hand van het schema.



▶ **afbeelding 12**
symbolen voor schakelschema's



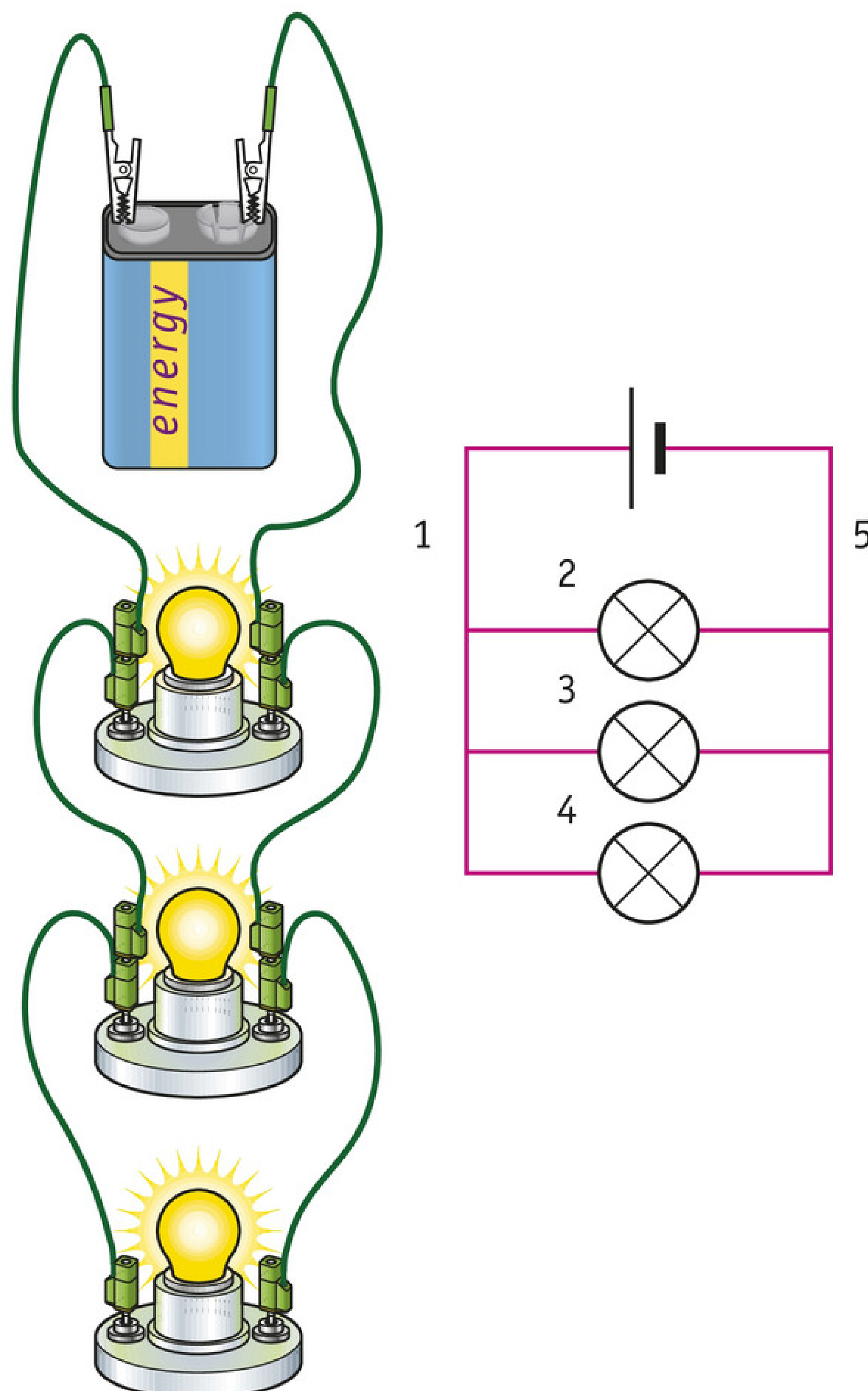
▲ **afbeelding 13**
een serieschakeling van drie lampjes

Serieschakelingen Proef 6

In afbeelding 13 zie je een **serieschakeling**. Een serieschakeling heeft geen vertakkingen: er is maar één stroomkring. De stroom gaat door alle onderdelen van de schakeling. Als er één lampje in een serieschakeling doorbrandt, is de stroomkring verbroken: alle lampjes gaan dan uit. Het is daarom niet handig om lampen in serie te schakelen.

Je schakelt een schakelaar juist wel in serie met het apparaat dat aan- of uitgezet moet worden. Als je de schakelaar op UIT zet, onderbreek je de stroomkring en gaat het apparaat uit. Als je de schakelaar op AAN zet, sluit je de stroomkring en gaat het apparaat weer aan.

De stroomsterkte in een serieschakeling is overal even groot. Het maakt in afbeelding 13 niet uit waar je de stroomsterkte meet: tussen de batterij en het eerste lampje, tussen het eerste en het tweede lampje, tussen het tweede en het derde lampje of tussen het derde lampje en de batterij. Je krijgt steeds dezelfde meetwaarde.



▲ **afbeelding 14**
een parallelschakeling van drie lampjes

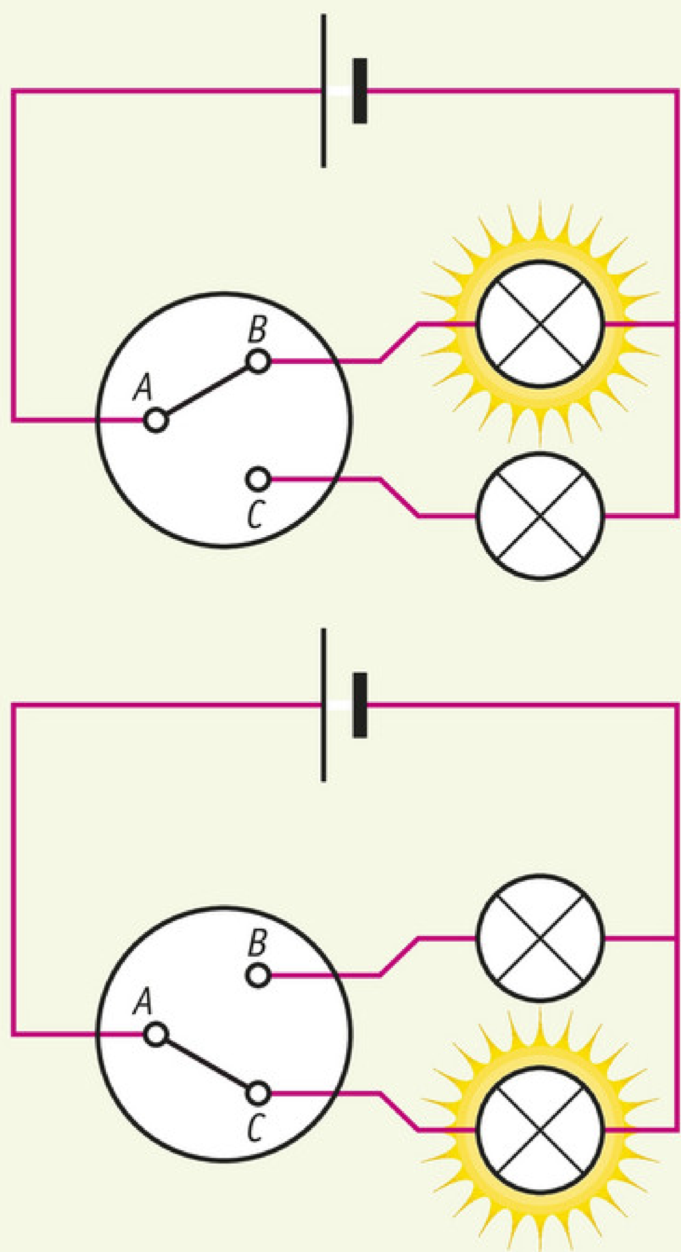
Parallelschakelingen Proef 7 en 8

In afbeelding 14 zie je een **parallelschakeling**. De schakeling vertakt zich om elk lampje apart van elektrische energie te kunnen voorzien. Elke vertakking is, samen met de batterij, een aparte stroomkring.

In een parallelschakeling kun je elk lampje apart aan en uit doen. Dat is handig. Daarom worden lampen vaak parallel geschakeld. Als een lamp doorbrandt, blijven de andere gewoon branden. In een serieschakeling is dat onmogelijk: of de lampen branden allemaal, of ze zijn allemaal uit.

Op de plaats waar een parallelschakeling zich vertakt, splitst de stroom zich. In afbeelding 14 zie je drie stroomkringen. De stroomsterkte in de onvertakte gedeelten (bij 1 en 5) wordt de **totale stroomsterkte** genoemd. De stroomsterkte in de takken (bij 2, 3 en 4) is steeds 1/3 van de totale stroomsterkte. De stroomsterkte is dus niet overal even groot, zoals in een serieschakeling.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 15**
Zo werkt een wisselschakelaar.

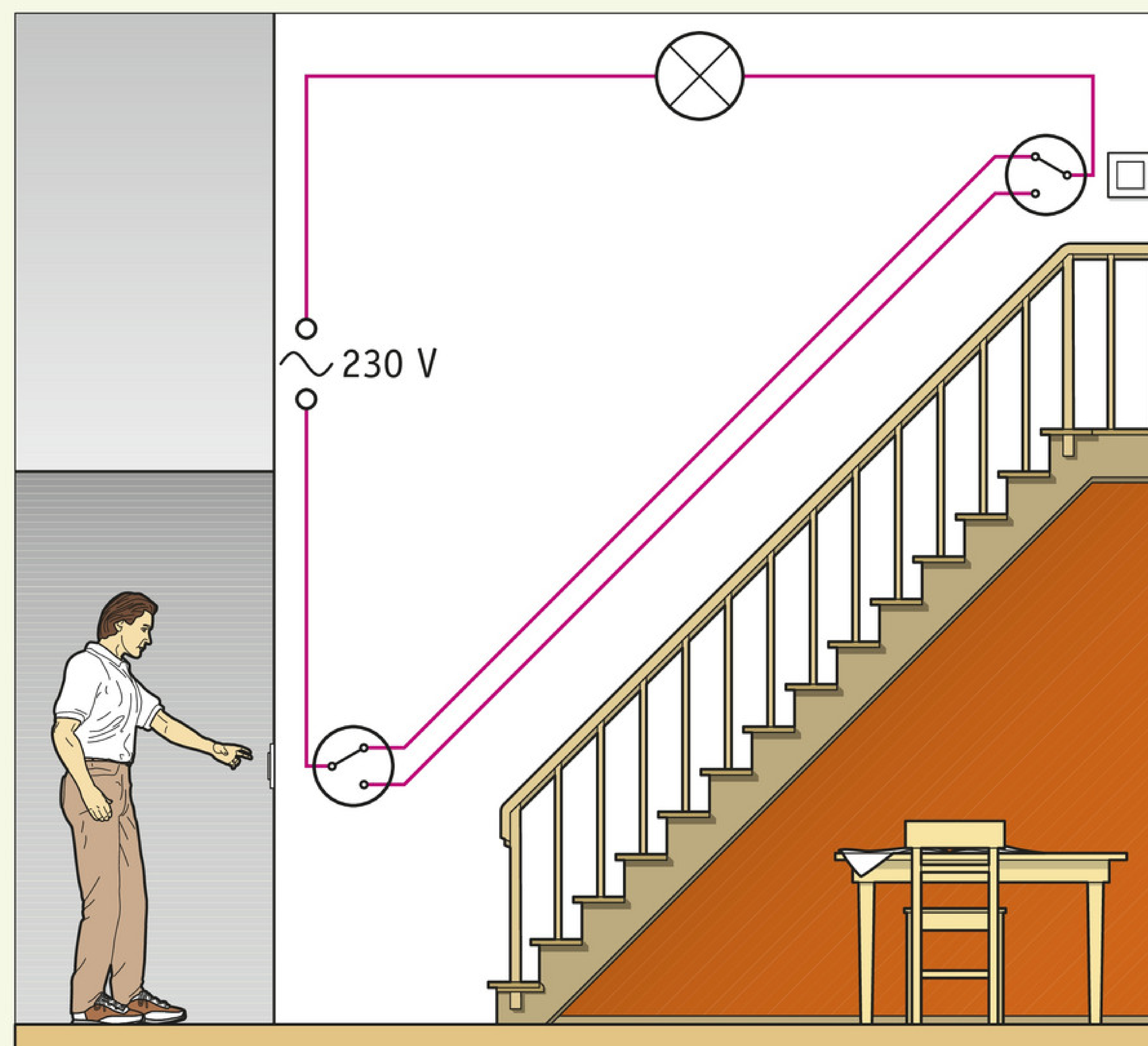
Plus De wisselschakeling

Voor een lamp in een trappenhuis wordt een speciaal soort schakeling gebruikt: de **wisselschakeling**. Deze schakeling maakt het mogelijk om de lamp op twee plaatsen aan en uit te doen: boven aan de trap en onder aan de trap.

In een wisselschakeling worden geen gewone schakelaars gebruikt, maar **wisselschakelaars**. Een wisselschakelaar heeft drie aansluitpunten en twee standen (afbeelding 15).

- In stand 1 wordt punt A doorverbonden met punt B.
- In stand 2 wordt punt A doorverbonden met punt C.

In afbeelding 16 is een wisselschakeling getekend. Kijk goed hoe de aansluitpunten van de wisselschakelaars met elkaar verbonden zijn. In de getekende situatie staat de lamp aan. Als je een van beide wisselschakelaars omzet, gaat de lamp uit.



▶ **afbeelding 16**
een wisselschakeling met twee wisselschakelaars

4 Vermogen en energie



▲ **afbeelding 17**
Op verpakkingen van lampen wordt altijd het vermogen vermeld.

Je hebt niet veel aan een mobiele telefoon als je hem steeds moet opladen. Daarom is het belangrijk dat een telefoon zo goed mogelijk omgaat met de beschikbare elektrische energie. Hoe zuiniger het apparaat daarmee is, hoe langer het duurt voordat de batterij weer opgeladen moet worden.

Het vermogen van een apparaat

Een laptop verbruikt in dezelfde tijd meer elektrische energie dan een tablet. Je zegt dat een laptop vergeleken met een tablet een groter **vermogen** heeft. Het vermogen geeft aan hoeveel elektrische energie een apparaat per seconde verbruikt. Hoe groter het vermogen, hoe meer elektrische energie het apparaat in één seconde ‘opslurpt’.

Bij veel apparaten staat het vermogen vermeld op de verpakking. Dat geldt bijvoorbeeld voor de lamp in afbeelding 17. Het vermogen wordt meestal opgegeven in watt (W), soms ook in milliwatt (mW) of in kilowatt (kW). Als het vermogen kan verschillen, wordt de maximale waarde opgegeven. Dat is bijvoorbeeld het geval bij een stofzuiger met regelbare zuigkracht.

Omrekenen doe je als volgt:
1 mW = 0,001 W
1 W = 1000 mW

1 kW = 1000 W
1 W = 0,001 kW

Het vermogen van sommige apparaten is veranderlijk. Bij een mobiele telefoon stijgt het vermogen bijvoorbeeld sterk als je belt of gebruikmaakt van internet. Als de telefoon op stand-by staat, is het vermogen juist heel klein. Andere apparaten hebben wel een constant vermogen, zoals een zaklantaarn of een elektrische klok.

Het vermogen berekenen

Het vermogen van een apparaat hangt af van: (1) de spanning waarop het apparaat werkt, en (2) de stroomsterkte die door het apparaat loopt. Het 'tankautomodel' in paragraaf 2 kan je helpen om dit begrijpen.

Je kunt het vermogen vergelijken met de hoeveelheid benzine die per uur langs een weg wordt vervoerd. Die hoeveelheid hangt van twee dingen af: (1) hoeveel benzine elke tankauto vervoert (de 'spanning') en (2) hoeveel tankauto's in één uur langs komen rijden (de 'stroomsterkte'). Ga zelf na dat dat zo is.

Met een elektrische stroom werkt het precies zo. Je kunt het vermogen van een apparaat berekenen met de formule:

vermogen = spanning × stroomsterkte

Als je de spanning invult in volt en de stroomsterkte in ampère, vind je het vermogen in watt (W).

Voorbeeldopgave 1

Op een website kun je reservelampjes kopen voor zaklampen (afbeelding 18).
Controleer of het vermogen van het lampje in afbeelding 18 juist is berekend.

gegevens	spanning	= 6 V
	stroomsterkte	= 400 mA = 0,4 A
gevraagd	vermogen	= ?
uitwerking	vermogen	= spanning × stroomsterkte
		= 6 × 0,4
		= 2,4 W

Dit klopt met de waarde die op de website vermeld staat.

HALOGEN
Halogeen kraaglamp
Spanning (lamp) **6** V
Stroom **400** mA
Vermogen **2,4** W
€ 2,95

▶ **afbeelding 18**
een aanbieding op een website





▲ **afbeelding 19**
Een mobieltje gaat op zwart.

Vermogen, tijd en energieverbruik

Een apparaat, bijvoorbeeld een mobiele telefoon of een tablet, kan maar een bepaalde tijd op de batterij werken. Hoe groter het vermogen van het apparaat, hoe sneller de batterij leeg zal zijn. Er zijn daarom allerlei manieren bedacht om het vermogen van een apparaat laag te houden.

Een apparaat bestaat uit verschillende onderdelen, die allemaal hun eigen vermogen hebben. Het vermogen van het apparaat is de optelsom van de vermogens van al die verschillende onderdelen. De ontwerpers van zo'n apparaat kiezen daarom onderdelen met een laag vermogen. Als twee beeldschermen ongeveer dezelfde prestaties hebben, kiest de ontwerper het beeldscherm met het laagste vermogen. Dat gebruikt namelijk minder energie.

Als je een mobiele telefoon of een tablet even niet gebruikt, schakelt het apparaat zoveel mogelijk onderdelen uit. Het beeldscherm gaat bijvoorbeeld al na korte tijd op zwart (afbeelding 19). Hierdoor daalt het totale vermogen van het apparaat meteen.

Aan het verlagen van het vermogen zit een grens. Daarom proberen onderzoekers om de opslagcapaciteit van batterijen en accu's te vergroten. Als een batterij meer elektrische energie kan opslaan, kan een apparaat er – bij hetzelfde vermogen – langer op werken.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 20**
een adapter

Plus De adapter

Om een mobiele telefoon op te laden, heb je een **adapter** nodig. Dat is een klein apparaatje dat je aansluit op het stopcontact (afbeelding 20). De adapter zet de netspanning van 230 V om in een veilige lage spanning van bijvoorbeeld 5 V. Deze spanning is geschikt om de batterij in je telefoon op te laden. Zo kan de batterij je telefoon opnieuw van elektrische energie voorzien.

Op een adapter staat altijd vermeld hoe groot de spanning en de maximale stroomsterkte zijn die het apparaat kan leveren. Je moet daarvoor kijken naar de output (= wat uit de adapter komt). Adapters zijn niet geschikt om grote stroomsterktes te leveren. Dan zouden ze te heet worden. Het vermogen dat ze kunnen leveren, is dus beperkt.

Voorbeeld
Bereken het maximale vermogen dat de adapter in afbeelding 20 kan leveren.

gegevens	spanning	= 5 V
	stroomsterkte	= 0,7 A
gevraagd	vermogen	= ?
uitwerking	vermogen	= spanning × stroomsterkte
		= 5 × 0,7
		= 3,5 W

5 Gevaren van elektriciteit



Hoge spanningen van duizenden volts zijn levensgevaarlijk. Maar ook met de spanning in huis moet je oppassen. Wat kan er gebeuren als je per ongeluk een draad aanraakt waar 230 volt op staat?

Laagspanning en netspanning

Tijdens proeven op school werk je met spanningen tot maximaal 30 volt. Deze **laagspanningen** zijn niet gevaarlijk. Pas vanaf 40 volt kan een spanning gevaar voor je opleveren.

Op de stopcontacten thuis staat de **netspanning**. De netspanning is in Nederland 230 volt. Dat is dus een heel gevaarlijke spanning. Je moet er verstandig mee omgaan, anders kunnen er ernstige ongelukken gebeuren.
Sommige apparaten werken op een veel lagere spanning. Een deurbel werkt bijvoorbeeld op 12 volt. Met een **transformator** kan de spanning van 230 volt veranderd worden in 12 volt. Als je een mp3-speler op het lichtnet wilt laten werken, heb je daarvoor een speciale **adapter** nodig. Daar zit dan een kleine **transformator** in.

Gevaarlijke situaties

Een elektrisch apparaat bevat geleidende onderdelen waar spanning op kan staan. Normaal gesproken kun je die onderdelen niet aanraken: er zit een stevige laag isolerend materiaal omheen. Daardoor kun je het apparaat veilig gebruiken.
Als de isolatie kapotgaat, ontstaat er een gevaarlijke situatie. Je lichaam kan dan contact maken met geleidende onderdelen waar 230 volt op staat. Als je zo'n onderdeel aanraakt, krijg je op zijn minst een onplezierige schok. In het ergste geval kan zelfs je leven gevaar lopen.

In afbeelding 21 zie je dat mensen ook in andere situaties een schok kunnen krijgen. In beide gevallen is het slachtoffer niet voorzichtig geweest. Als je de spanning uitschakelt voor je zo'n klusje uitvoert, kan er niets gebeuren. De spanning schakel je uit in de meterkast.



◀ **afbeelding 21**
ongevallen door elektriciteit







▲ **afbeelding 22**
Als de spanning wordt uitgeschakeld, kunnen de spieren zich weer ontspannen.

Schokken

Je lichaam is een goede geleider van elektriciteit. Als je een voorwerp aanraakt waar 230 volt op staat, gaat er stroom door je lichaam lopen. Door die stroom trekken je spieren zich plotseling samen: dat voel je als een **schok**.

Als je huid droog is, gaat de stroom er moeilijk doorheen. De stroom door je lichaam kan dan niet al te groot worden. De gevolgen vallen dan meestal mee.

Als je huid nat is, gaat de stroom veel gemakkelijker door je lichaam. Het water zorgt voor een goed geleidende verbinding tussen je lichaam en het voorwerp waar spanning op staat. De stroom is dan veel groter, waardoor de gevolgen ook ernstiger zijn.

De gevolgen van elektriciteit voor je lichaam

Wat elektriciteit met je lichaam doet, hangt af van:
- de grootte van de stroom;
- de tijd dat de stroom loopt;
- de weg die de stroom neemt.

In tabel 1 zie je welke gevolgen dit voor iemand kan hebben.

▼ **tabel** 1 de gevolgen van elektriciteit voor je lichaam

stroomsterkte	gevolgen
niet erg groot	Het slachtoffer krijgt een schok.
behoorlijk groot	De spieren verkrampen; het slachtoffer kan het voorwerp dat onder spanning staat, niet meer loslaten.
levensgevaarlijk	De stroom gaat via de spieren in de borstkas: daardoor kan het slachtoffer niet meer ademhalen. De stroom gaat via het hart: daardoor kan het slachtoffer een hartstilstand krijgen.

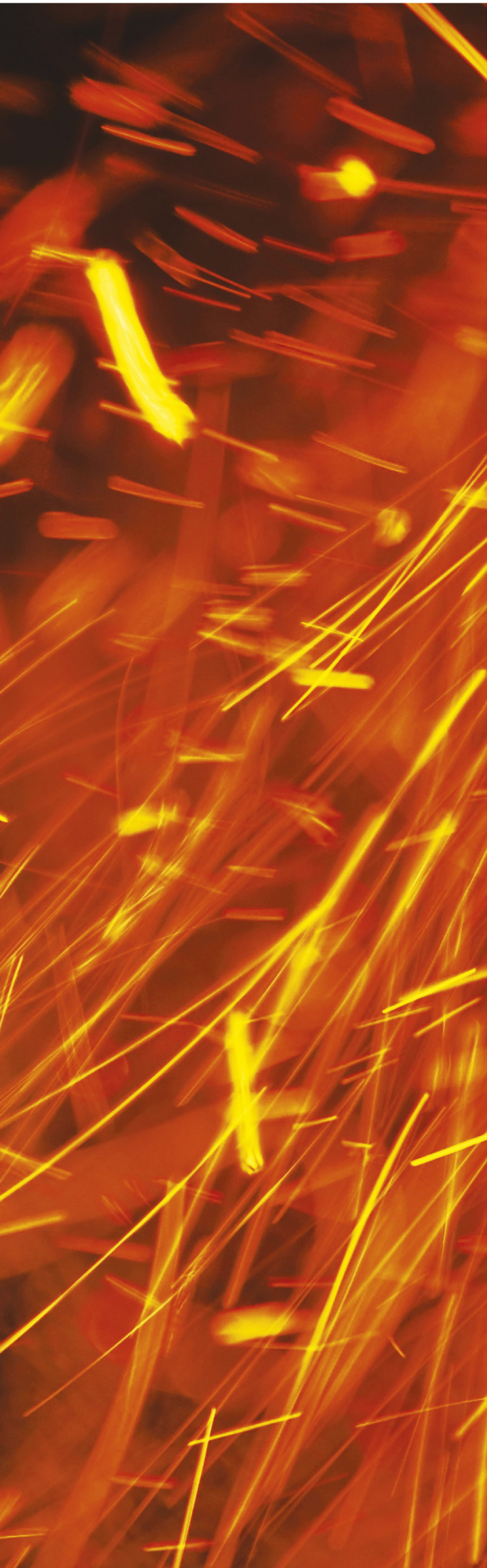
Hulp verlenen

Bij een ongeluk met elektriciteit moet je meteen de spanning uitschakelen. Dat kan bijvoorbeeld door een stekker uit het stopcontact te trekken of door de schakelaars in de meterkast om te zetten (afbeelding 22).

Zolang het slachtoffer onder spanning staat, moet je het slachtoffer niet aanraken. Dat is gevaarlijk. Pas als de spanning is uitgeschakeld, kun je eerste hulp verlenen. In scholen en bedrijven heb je mensen die hiervoor speciaal zijn opgeleid. Zelfs bij een hartstilstand kan het slachtoffer vaak nog gereanimeerd worden, als er maar op tijd hulp wordt gegeven.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.





5 Warmte

Verbranden en verwarmen

De zon is de belangrijkste warmtebron. Als de zon te weinig warmte geeft, kun je een brandstof gebruiken om warm te blijven, zoals hout of aardolie. De meeste Nederlanders gebruiken aardgas om hun huis te verwarmen en om eten te koken.

Basisstof

Extra

1 Warmtebronnen



▲ **afbeelding 1**
In ontwikkelingslanden is hout nog een veel gebruikte brandstof.

Voor allerlei dingen in het dagelijks leven gebruik je warmte. Denk maar aan een warme douche, het strijken van een broek of het föhnen van je haren. Al die warmte komt ergens vandaan.

Warmtebronnen op school en thuis

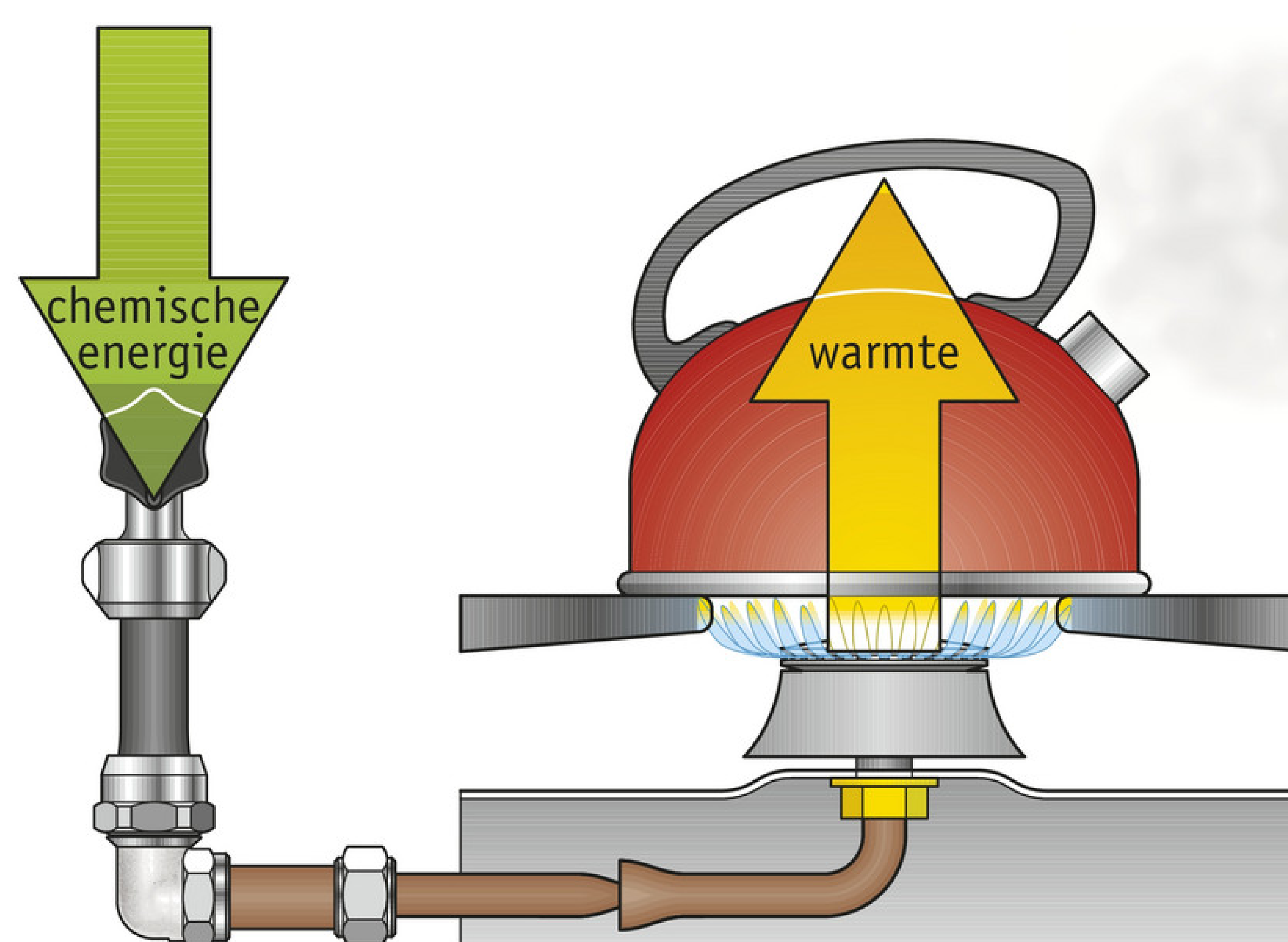
Als je iets wilt verwarmen, heb je een warmtebron nodig. De gasbrander die je bij proeven op school gebruikt, is zo'n warmtebron. Ook in huis vind je allerlei warmtebronnen: de cv-ketel, het kooktoestel, de geiser, de oven, het strijkijzer, het theelichtje, enzovoort.

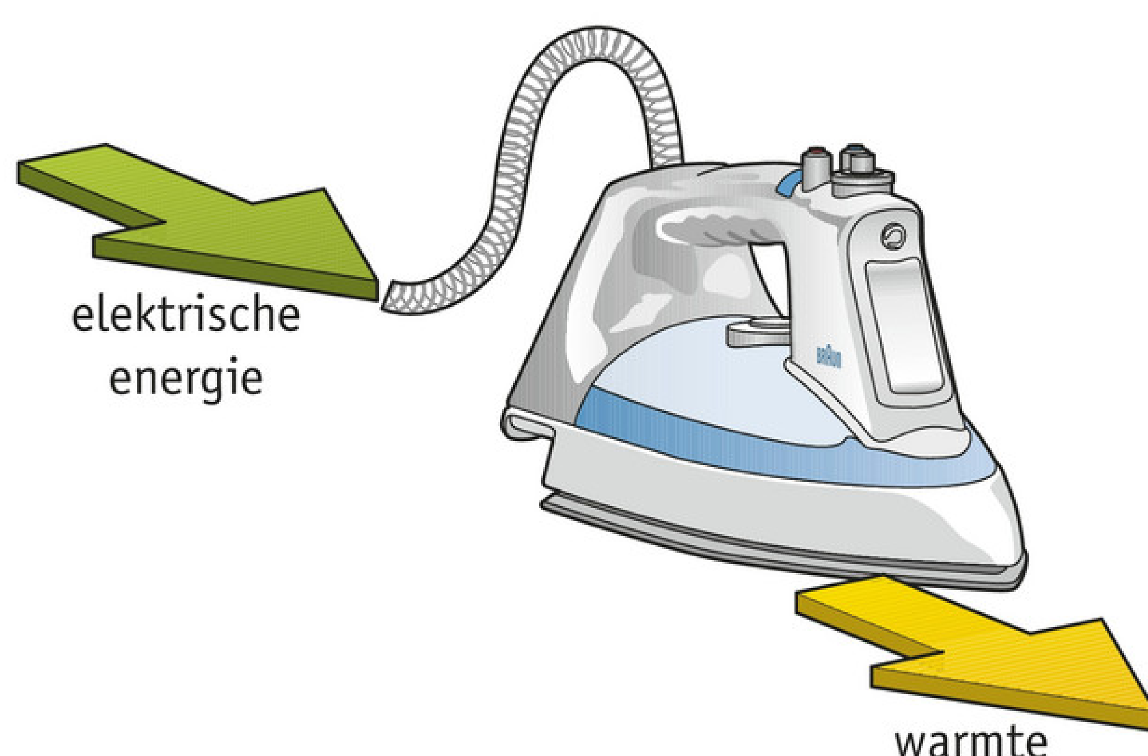
Chemische en elektrische energie

In sommige warmtebronnen wordt een **brandstof** verbrand. In een open haard is de brandstof hout, in een fonduestel is de brandstof spiritus en in een barbecue is de brandstof houtskool.

De energie in een brandstof wordt **chemische energie** genoemd. Je kunt chemische energie **omzetten in warmte** door de brandstof te verbranden (afbeelding 2). Hoe meer brandstof verbrand wordt, des te meer warmte er ontstaat.

▶ **afbeelding 2**
de omzetting van chemische energie in warmte



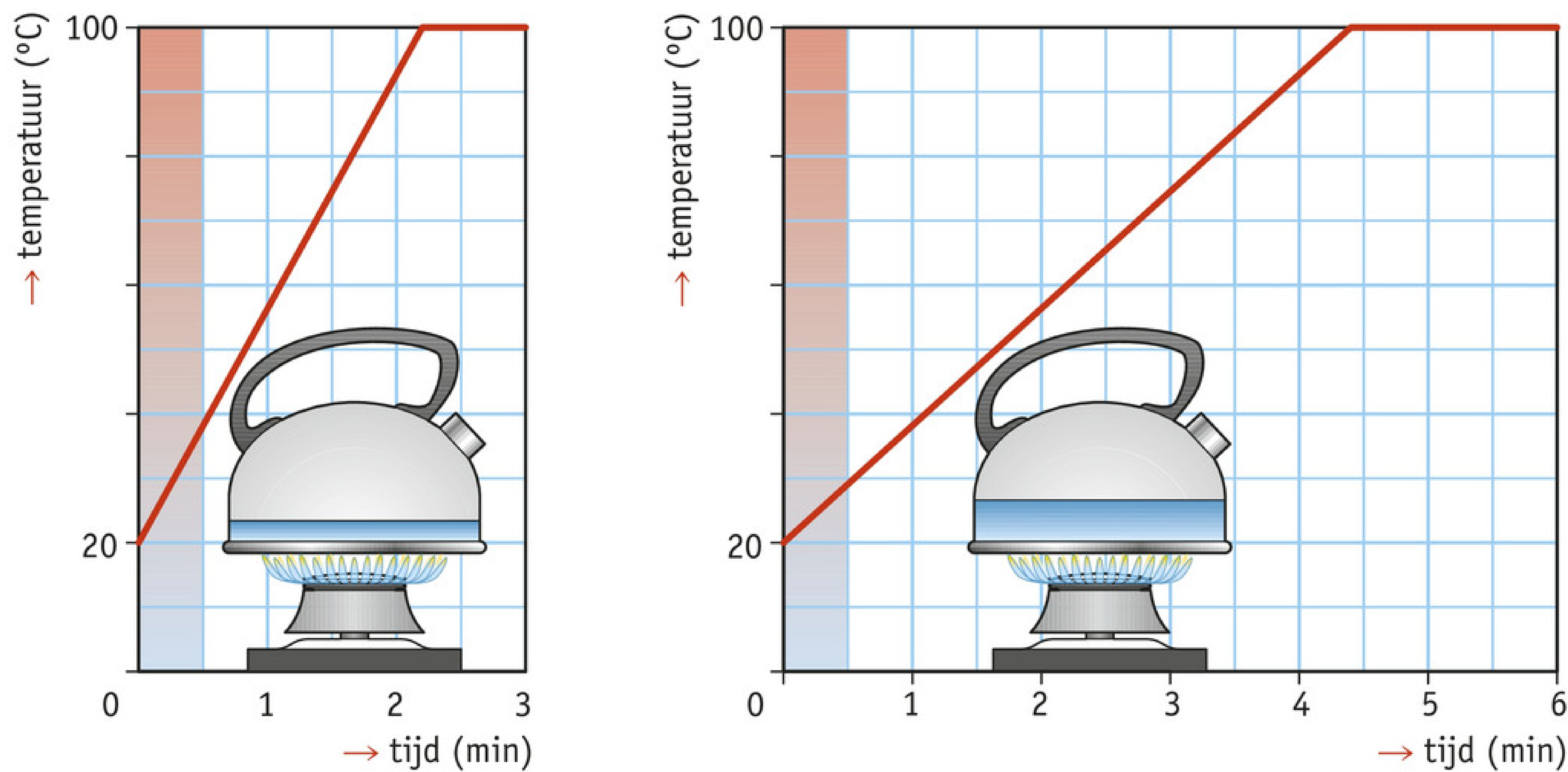


▲ **afbeelding 3**
de omzetting van elektrische energie in warmte

Er zijn ook warmtebronnen die **elektrische energie** omzetten in warmte. Denk bijvoorbeeld aan een broodrooster, een flessenwarmer en een föhn. Elektrische energie kan eenvoudig omgezet worden in warmte (afbeelding 3). Als je een elektrische stroom door een geschikt soort draad laat lopen, wordt die draad heet.

Water verwarmen Proef 1

Als je een ketel met water verwarmt op een gasstel, neemt het water warmte op. Hierdoor stijgt de temperatuur van het water. Op een gegeven moment begint het water te koken. Als je een bodempje water in de ketel doet, kookt het water vrijwel meteen. Maar als de ketel bijna vol is, moet je veel langer wachten. Hoe meer water je in de ketel doet, hoe meer warmte er nodig is om het water aan de kook te brengen en hoe meer aardgas je moet verbranden (afbeelding 4).



▶ **afbeelding 4**
Hoe meer water in de ketel, hoe meer warmte je moet toevoeren.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 5**
verschillende brandstoffen

Plus Brandstoffen

De ene soort brandstof geeft bij verbranding meer warmte dan de andere (per liter of per kilogram). Een liter benzine bijvoorbeeld geeft bijna twee keer zoveel warmte als een liter spiritus.
In tabel 1 zie je hoeveel warmte verschillende soorten brandstof leveren in vergelijking met aardgas.

Voorbeeld:
Bij Mirjam thuis wordt 1400 m^3 aardgas per jaar verstookt. Hoeveel liter butagas zou je moeten verbranden om aan een even grote hoeveelheid warmte te komen?

Verhoudingstabel:

1 L butagas	0,4 m^3 aardgas
? L butagas	1400 m^3 aardgas

Kruislings vermenigvuldigen:
$1 \times 1400 = ? \times 0,4$
$? = 1400 / 0,4 = 3500$

Je zou 3500 L butagas moeten verstoken.

▼ **tabel 1** de warmte die door verschillende soorten brandstoffen geleverd wordt

soort brandstof	levert evenveel warmte als
1 L huisbrandolie	1,2 m^3 aardgas
1 L benzine	1,1 m^3 aardgas
1 L spiritus	0,6 m^3 aardgas
1 L butagas	0,4 m^3 aardgas
1 kg steenkool	1,0 m^3 aardgas
1 kg droog hout	0,5 m^3 aardgas

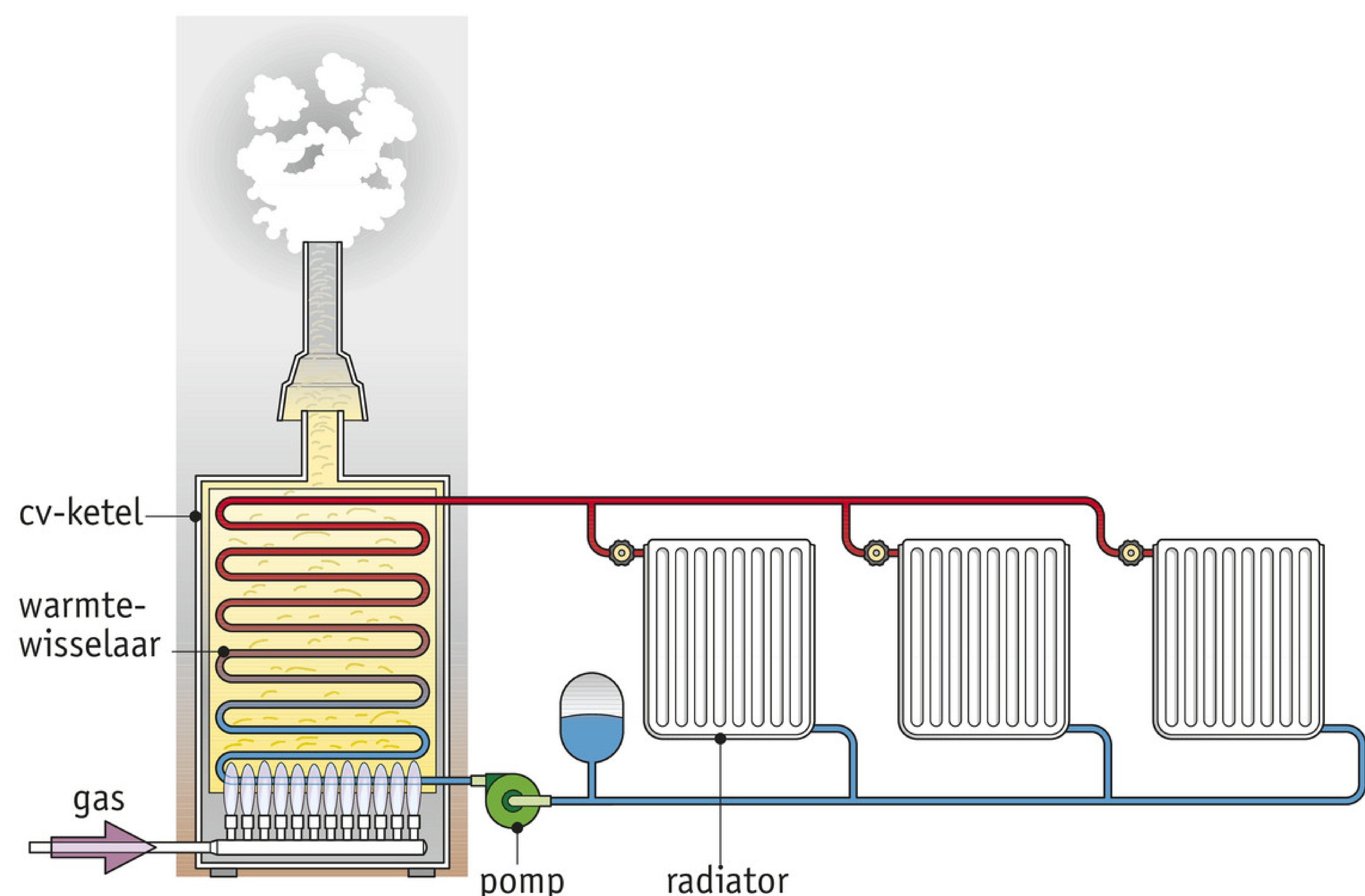
2 Aardgas verbranden

Vroeger hadden mensen vaak een kolenkachel of een oliekachel om hun huis te verwarmen en eten te koken. Nu zijn de meeste huizen in Nederland aangesloten op het gasnet. Vooral in en rond de Noordzee zit aardgas in de grond.

De cv-installatie

In afbeelding 6 is de cv-installatie van een woonhuis getekend. In de verwarmingsketel wordt aardgas verbrand. Daarbij ontstaan gassen die erg heet zijn. Die hete gassen stromen langs de **warmtewisselaar**. Op die manier wordt het water in de warmtewisselaar verwarmd.

De pomp pompt het hete water naar de radiatoren. Daar staat het water weer warmte af. Zo worden de ruimtes waarin de radiatoren staan, zoals de huiskamer en je slaapkamer, verwarmd. Het water transporteert de warmte dus door het hele huis.



▶ **afbeelding 6**
de cv-installatie in een woonhuis

De verbranding in de cv-ketel   Proef 2 en 3

Voor de verbranding van aardgas (of een andere brandstof) is zuurstof nodig. Zuurstof zit in de lucht. Om het aardgas zo goed mogelijk te laten verbranden, wordt in de branders van de cv-ketel het aardgas eerst vermengd met lucht.

Bij de verbranding van aardgas ontstaan hete **verbrandingsgassen**. Deze gassen bestaan voor bijna 100% uit waterdamp en koolstofdioxide (afbeelding 7).

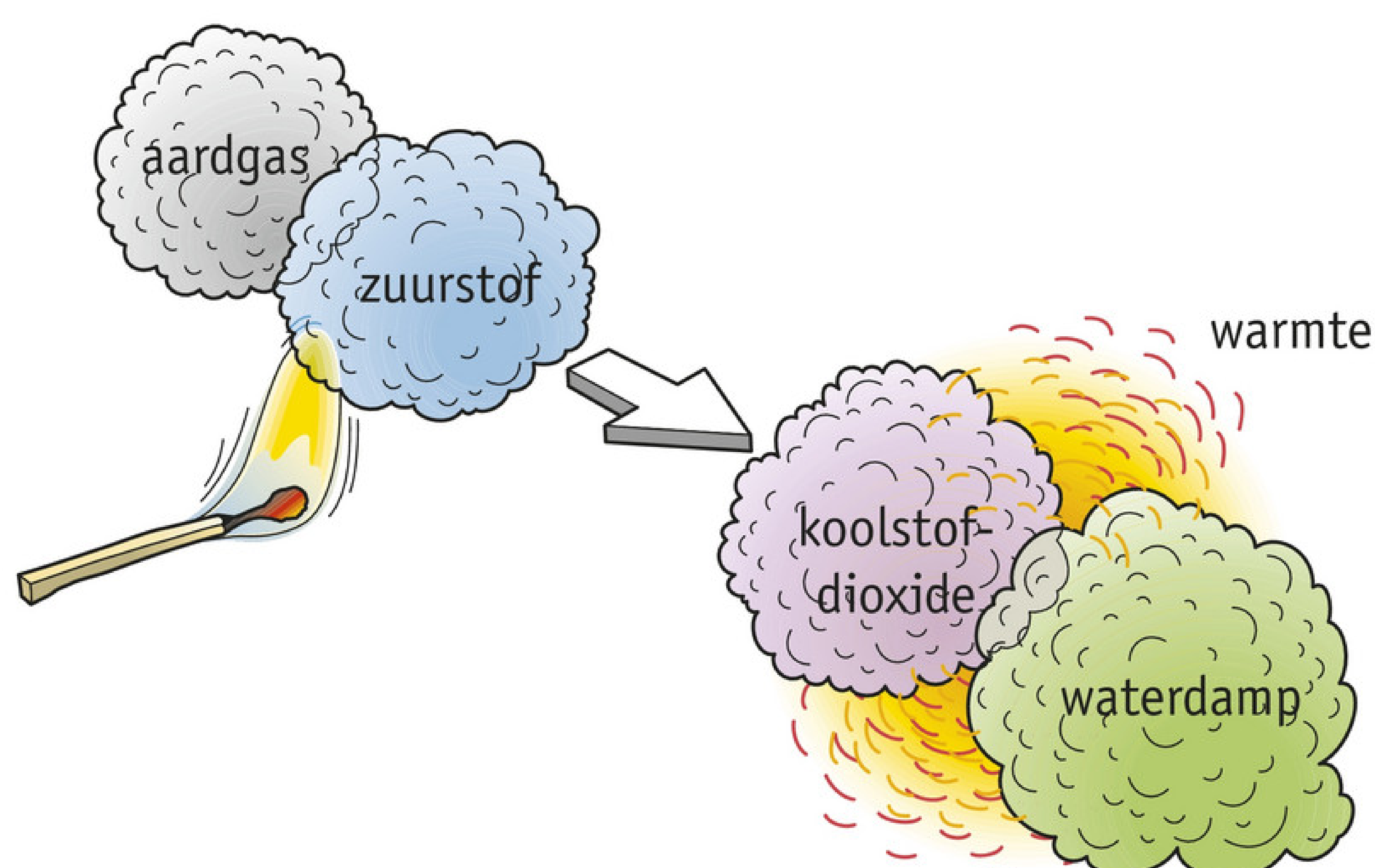
Je kunt eenvoudig laten zien dat de verbrandingsgassen waterdamp bevatten. Houd maar eens een bekerglas met koud water in de vlam van een brander. Het bekerglas beslaat meteen. Dat komt doordat de hete waterdamp tegen het koude glas afkoelt en voor een deel condenseert.

De verbrandingsgassen bevatten ook koolstofdioxide. Dat kun je aantonen met kalkwater. Kalkwater is helder, maar wordt troebel als je er koolstofdioxide doorheen leidt. Afbeelding 8 laat zien hoe je de verbrandingsgassen door kalkwater kunt leiden.

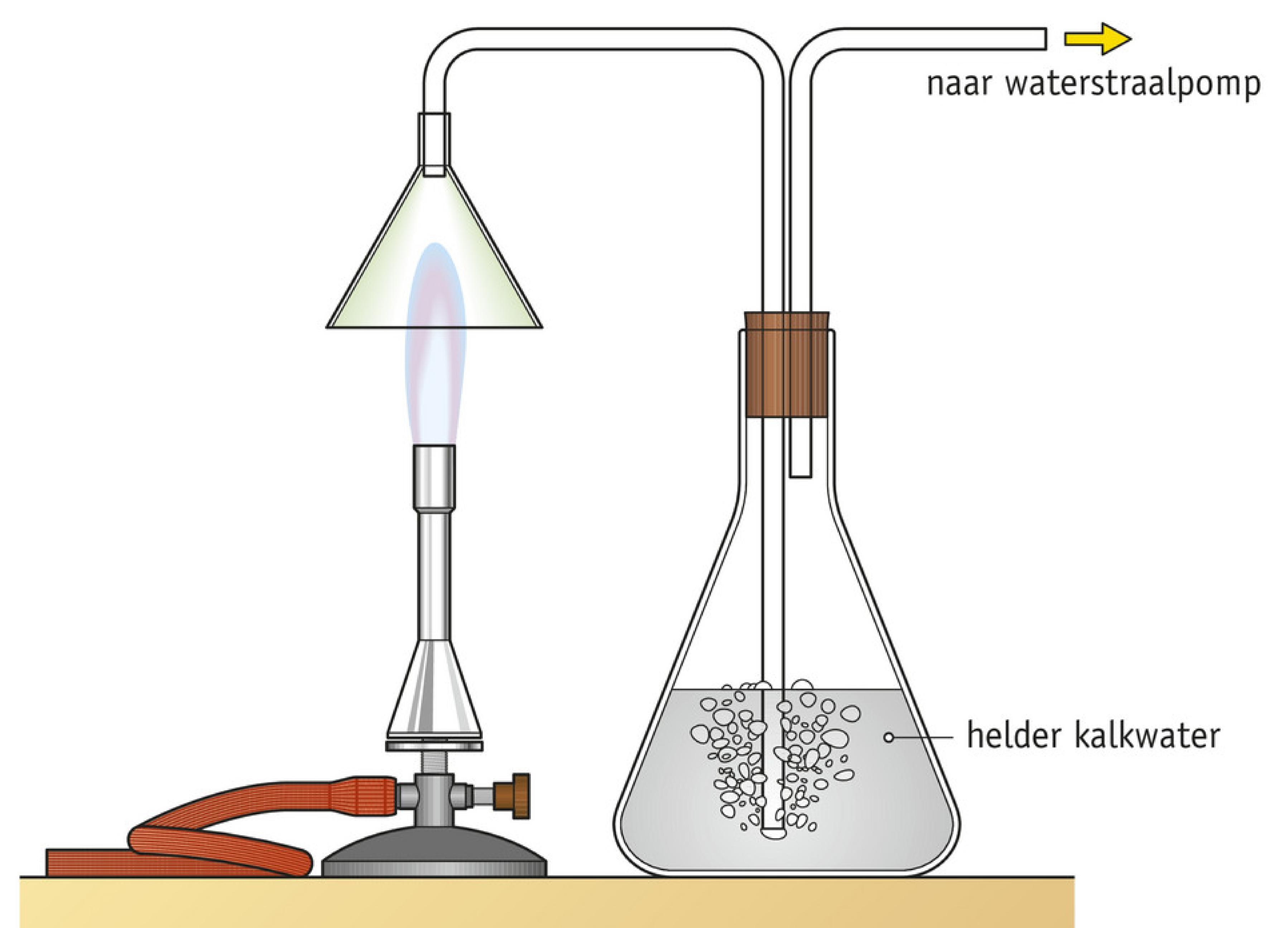
Volledige en onvolledige verbranding

De branders van een cv-ketel zijn zo gemaakt, dat het aardgas zich goed kan mengen met lucht. Er is dan genoeg zuurstof om het aardgas volledig te verbranden. Bij een **volledige verbranding** ontstaan alleen waterdamp en koolstofdioxide. Deze gassen zijn ongevaarlijk.

Als er niet genoeg zuurstof wordt toegevoerd, zal het aardgas niet volledig verbranden. In dat geval ontstaat er geen koolstofdioxide, maar roet en **koolstofmono-oxide**. Hetzelfde gebeurt als je de luchtschijf van je brander dichtdraait. Bij **onvolledige verbranding** van aardgas zie je altijd een **gele vlam**.



▲ afbeelding 7
het verbrandingsschema van aardgas



▲ afbeelding 8
koolstofdioxide aantonen

Roet kun je zien als een zwarte aanslag. Koolstofmono-oxide kun je niet zien en ook niet ruiken. Het is een zeer giftig gas. Koolstofmono-oxide wordt ook wel **koolmonoxide** of **kolendamp** genoemd. Het gebeurt nog wel een enkele keer dat mensen door kolendampvergiftiging om het leven komen (afbeelding 9).

Om onvolledige verbranding te voorkomen moet je een cv-ketel en een geiser regelmatig laten controleren en zo nodig schoonmaken. Ook moet je ervoor zorgen dat er genoeg frisse lucht wordt aangevoerd en dat de verbrandingsgassen makkelijk afgevoerd kunnen worden.

▶ **afbeelding 9**
Helaas komt kolendampvergiftiging ook nu soms nog voor.

Duitse toerist dood door CO-vergiftiging

AMSTERDAM - De Amsterdamse politie heeft zondag een 19-jarige Duitser dood aangetroffen in een busje op camping Zeeburg. Het is vrijwel zeker dat de man door koolmonoxidevergiftiging om het leven is gekomen. De politie vermoedt dat de man het 's nachts koud heeft gekregen en dat hij geprobeerd heeft het busje te verwarmen door een gaspitje aan te steken. Waarschijnlijk heeft het gasstelletje niet goed gebrand.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Het rendement van cv-ketels

Een gewone verwarmingsketel heeft een **rendement** van 70 tot 75%. Dit betekent: van de warmte die bij de verbranding van aardgas vrijkomt, wordt 70 tot 75% opgenomen door het water in de warmtewisselaar. De rest van de warmte verdwijnt met de verbrandingsgassen door de schoorsteen naar buiten. Met die warmte doe je dus niets.

Er zijn ook verwarmingsketels met een hoger rendement. Een Verbeterd Rendement (VR)-ketel heeft een rendement van 75 tot 80%. Een Hoog Rendement (HR)-ketel heeft zelfs een rendement van 85 tot 90% (afbeelding 10). Als je een gewone ketel vervangt door een HR-ketel, kun je dus ongeveer 15% besparen op je gasverbruik.



◀ **afbeelding 10**
Een cv-ketel met deze keurmerken heeft een hoog rendement en produceert verhoudingsgewijs weinig schadelijke gassen.

3 Brand!

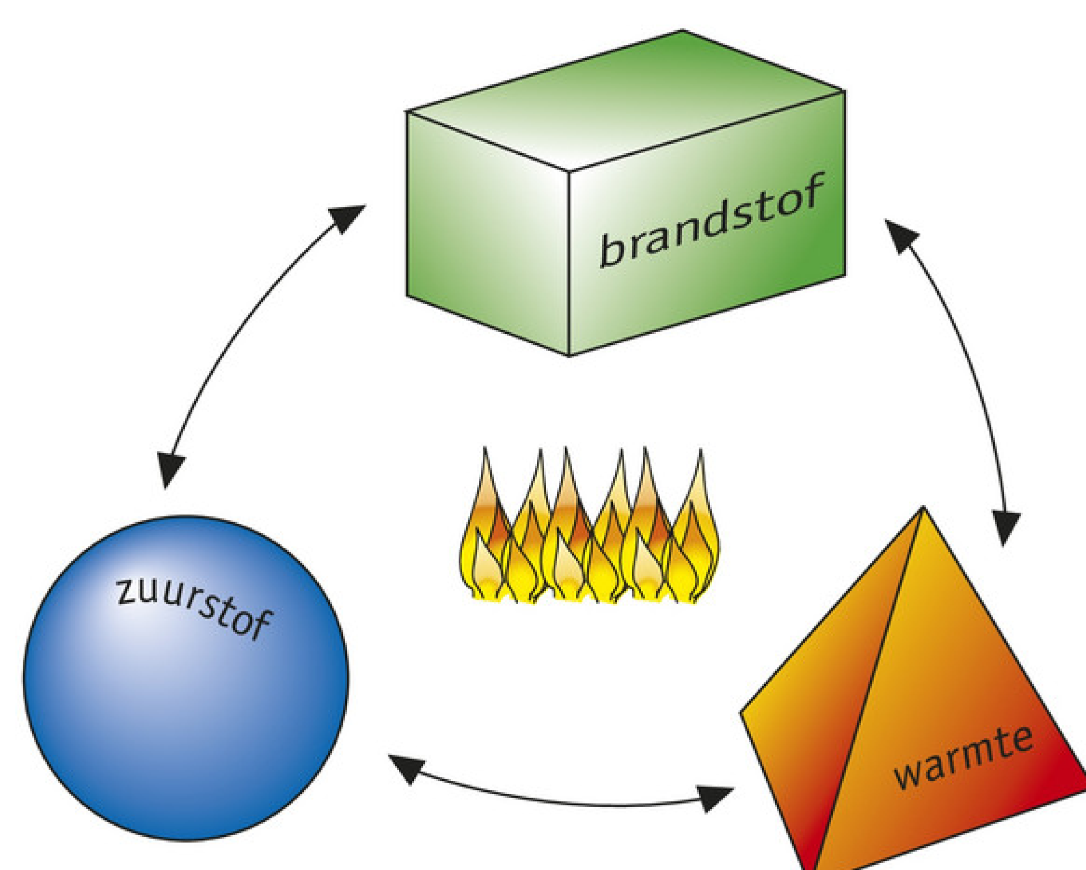
Benzine vliegt gemakkelijker in brand dan hout. Als er een brand uitbreekt, moet je die zo snel mogelijk blussen. Bij het blussen van een benzinebrand ga je anders te werk dan bij het blussen van een houtbrand.

Voorwaarden voor verbranding Proef 4

Benzine vliegt niet zomaar in brand. Je moet het eerst aansteken, bijvoorbeeld met een lucifer. Door de hete, brandende lucifer wordt de benzine warmer. Als de benzine een bepaalde temperatuur bereikt, gaat deze branden. De temperatuur waarbij een stof gaat branden noem je **ontbrandingstemperatuur**. Iedere stof heeft zijn eigen ontbrandingstemperatuur.
De ontbrandingstemperatuur van benzine is ongeveer 270 °C. Eikenhout heeft een ontbrandingstemperatuur van 400 °C. Als benzine of papier eenmaal boven hun ontbrandingstemperatuur zijn, blijven ze vanzelf branden. De warmte die vrijkomt bij het verbranden zorgt ervoor dat de stoffen boven hun ontbrandingstemperatuur blijven.

Om een brand te laten ontstaan moet aan drie voorwaarden voldaan zijn (afbeelding 11):

- Er moet een brandstof aanwezig zijn.
- De temperatuur van de brandstof moet hoger zijn dan de ontbrandingstemperatuur.
- Er moet voldoende zuurstof aanwezig zijn, bijvoorbeeld uit lucht.



▲ **afbeelding 11**
de drie voorwaarden voor een verbranding

Als een kaars op tafel staat is al aan twee van de drie voorwaarden voldaan: er is een brandbare stof (kaarsvet) en er is voldoende zuurstof aanwezig. De kaars gaat echter pas branden als je de lont aansteekt, bijvoorbeeld met een aansteker. De vlam van de aansteker verhit het kaarsvet in de lont tot boven de ontbrandingstemperatuur. Om brand te laten ontstaan is het dus niet voldoende als er aan één of twee voorwaarden is voldaan. Er moet aan alle drie de voorwaarden tegelijkertijd voldaan zijn. Hiervan maak je gebruik bij het blussen van brand.

Een brand blussen

Brand is een ongewenste situatie. Als je niet ingrijpt, zal de verbranding steeds sneller en heftiger verlopen. Een brand moet je daarom zo snel mogelijk blussen. Om een brand te blussen moet je minstens één van de voorwaarden voor brand wegnemen. Dat kan op drie manieren.

- Je kunt de brandstof weghalen.
- Je kunt de aanvoer van zuurstof (lucht) blokkeren.
- Je kunt de stof afkoelen tot onder zijn ontbrandingstemperatuur.

Brandstof weghalen

Het weghalen van de brandstof is vaak lastig. Bij een brand staat de brandstof namelijk in brand. Het gebeurt wel eens dat een gas- of olieleiding explodeert en in brand vliegt. Door de afsluiters in de leiding dicht te draaien kun je de aanvoer van nieuwe brandstof stopzetten. De brand dooft dan vanzelf wanneer het gas of de olie uit de leiding is uitgebrand.



▲ **afbeelding 12**
Met schuim kun je een brand blussen.

Aanvoer van lucht blokkeren

Als je zand op een kampvuur schept, blokkeer je de aanvoer van lucht en dus van zuurstof. Het kampvuur gaat dan uit. Grotere branden kun je zo echter niet doven. De brandweer gebruikt daarvoor schuim dat over het brandende materiaal gespoten wordt (afbeelding 12). De laag schuim blokkeert de aanvoer van lucht en daarmee van zuurstof.

Afkoelen tot onder de ontbrandingstemperatuur

Door water op de brand te spuiten (afbeelding 13) koel je het brandend materiaal af tot beneden de ontbrandingstemperatuur. Omdat het materiaal erg heet kan zijn en ook nog eens in brand staat, heb je grote hoeveelheden water nodig.



▶ **afbeelding 13**
water als koelmiddel en blusmiddel

Als dit water in het riool stroomt, neemt het de brandstof mee. Als die brandstof giftig is, kan dat rampzalige gevolgen hebben voor het milieu. Ook is het gevaarlijk voor mensen. Het riool vult zich namelijk met giftige dampen, die via afvoerputjes en toiletten in je huis terecht kunnen komen.

Verbranden en het milieu

Als een stof brandt komt er warmte vrij. Bij een brand veroorzaakt dit veel schade, maar je kunt deze warmte ook nuttig gebruiken. Enkele voorbeelden zijn:

- het verbranden van aardgas bij het bereiden van eten;
- het verbranden van benzine in de motor van een auto;
- het verbranden van gas of steenkool in een elektriciteitscentrale.

Bij verbranding komen stoffen vrij die schadelijk zijn voor het milieu. Als je brandstoffen als steenkool, aardgas, benzine of diesel verbrandt ontstaat er koolstofdioxide. Koolstofdioxide draagt bij aan het **versterkte broeikaseffect** waardoor de aarde geleidelijk warmer wordt. Ook kunnen stikstofoxiden en zwaveloxiden vrijkomen. Stikstofoxiden en zwaveloxiden veroorzaken **zure regen** en **smog** (afbeelding 14). Smog ontstaat op hete, zomerse dagen als er geen wind waait. De luchtvervuiling in grote steden wordt dan niet weggeblazen, maar blijft hangen. Vooral astmapatiënten hebben veel last van de smog.



▶ **afbeelding 14**
Bij ernstige smog moet je soms zo hardlopen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Brandvertragende stoffen

Tijdens de viering van oud en nieuw in 2000 was er in Volendam een cafébrand. Hierbij zijn veel jonge mensen omgekomen of ernstig verbrand. De brand ontstond doordat de kerstversiering die aan het plafond was bevestigd, in brand vloog.

De ramp had voorkomen kunnen worden als de droge, brandbare kerstversiering behandeld was met een **brandvertragende stof**. Een brandvertragende stof wordt ook wel **brandvertrager** genoemd. Als je een brandvertrager verhit, verandert deze in één of meerdere andere stoffen. Die nieuwe stoffen doven de brand. Dat kan op verschillende manieren:

- Sommige brandvertragers vormen bij verhitting een laagje schuim.
- Andere brandvertragers vormen een schil van onbrandbare stof om de brandstof heen.
- Tot slot zijn er brandvertragers waaruit bij verhitting water vrijkomt.

Bij bosbranden worden grote stukken bos behandeld met brandvertrager (afbeelding 15). Als de brand het stuk bos bereikt dat is behandeld met brandvertrager, dooft de bosbrand uit.



▶ **afbeelding 15**
Bij het blussen van bosbranden kunnen brandvertragers gebruikt worden.

4 Geleiding









▲ **afbeelding 16**
vier soorten radiatoren

Een metalen pan die net van het fornuis komt, is flink heet. Zo'n pan kun je niet vastpakken zonder je vingers te branden. Je gebruikt daarom pannenlappen of ovenhandschoenen.

Vormen van warmtetransport

De warmte die de cv-ketel geeft, wordt vervoerd naar de verschillende kamers in huis. Daarbij kom je verschillende vormen van **warmtetransport** tegen:

- Het staal van een radiator geleidt de warmte 'van binnen de radiator naar buiten de radiator' (afbeelding 16).
- De lucht rond de radiator gaat stromen, doordat die lucht wordt verwarmd. De lucht verspreidt zich door de hele kamer.
- De hete radiator straalt infrarode straling uit, de kamer in.

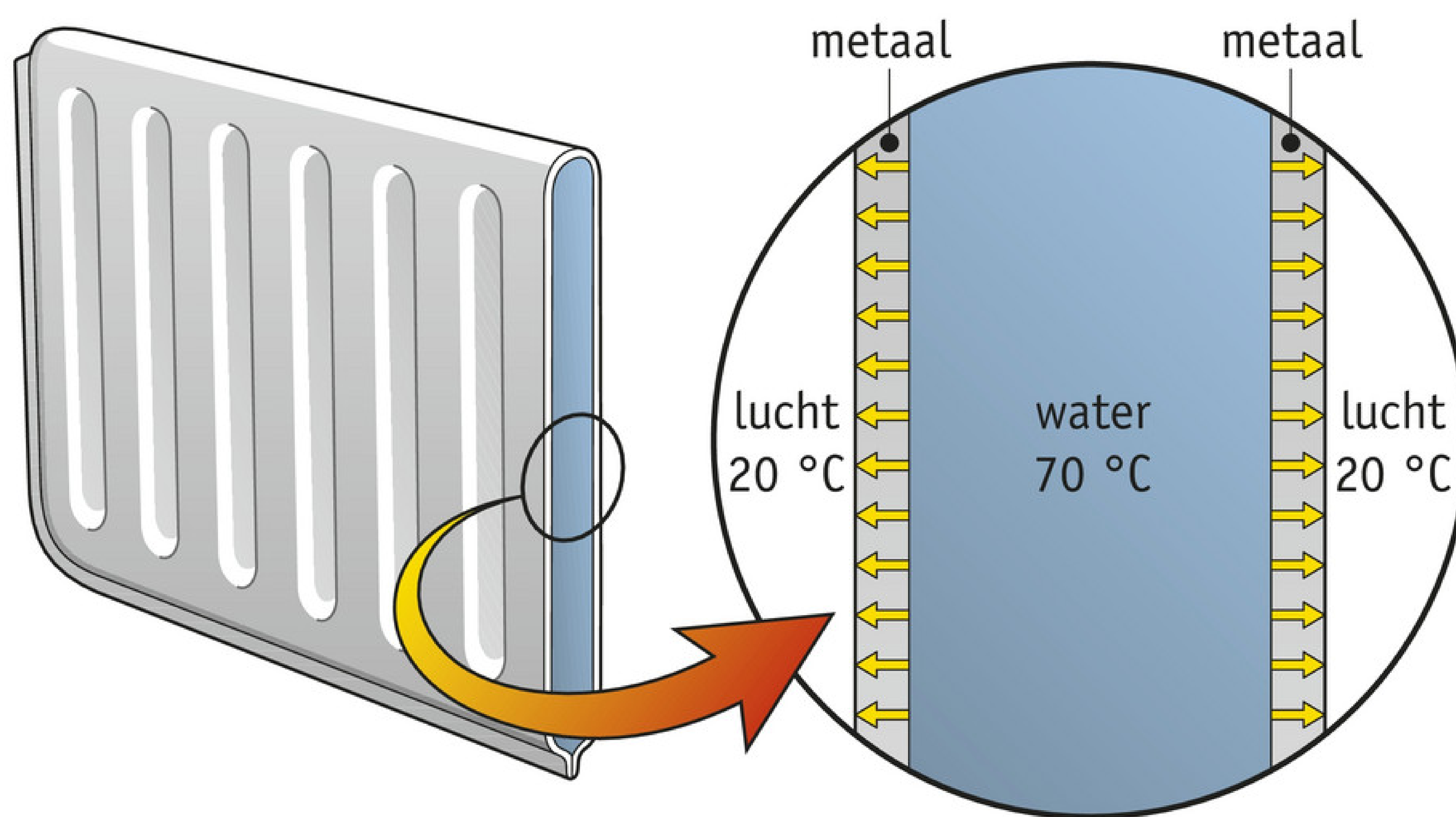
In deze paragraaf leer je meer over warmtetransport door geleiding. Paragraaf 5 gaat over warmtestroming en paragraaf 6 gaat over warmtestraling.

Het warmtetransport in een radiator

Als de cv aan staat, wordt er voortdurend heet water naar de radiatoren gepompt. Wanneer je een koude radiator opendraait, wordt hij snel gevuld met heet water.
De buitenkant van de radiator wordt dan bijna meteen heet. Dat komt doordat het staal van de radiator een goede **warmtegeleider** is: de warmte verplaatst zich gemakkelijk van de binnenkant van de radiator naar de buitenkant.

In de radiator vindt het volgende warmtetransport plaats:

1. Het hete water geeft warmte af aan de binnenkant van de radiator.
2. De warmte wordt door warmtegeleiding vervoerd naar de buitenkant van de radiator.
3. Aan de buitenkant wordt de warmte afgestaan aan de lucht en de voorwerpen in de kamer.



▲ **afbeelding 17**
De warmte beweegt door het metaal van de radiator.



▲ **afbeelding 18**
goede en slechte warmtegeleiders in het huishouden

Warmtetransport door geleiding

Bij warmtegeleiding verplaatst de warmte zich door een stof, zoals het metaal van een radiator (afbeelding 17). De warmte verplaatst zich altijd van de plaats met de hoogste temperatuur naar de plaats met de laagste temperatuur. Je noemt dit: warmtetransport door **warmtegeleiding**. Zonder temperatuurverschil is er geen warmtetransport.

Goede en slechte warmtegeleiders Proef 5

Alle metalen zijn goede warmtegeleiders. Andere vaste stoffen (zoals kunststoffen) zijn slechte warmtegeleiders. Ze geven de warmte maar heel langzaam door. Ook bijna alle vloeistoffen en gassen geleiden de warmte slecht.

De knop van een radiator is gemaakt van een kunststof die de warmte slecht geleidt. Dat voorkomt dat er daar te veel warmte naar de buitenkant wordt vervoerd. Anders zou je je hand branden als je aan de knop draait.

In huis vind je verschillende toepassingen van goede en slechte warmtegeleiders. Bekijk afbeelding 18 maar eens.

Isolatie

De bakstenen waar veel huizen van gemaakt zijn, geleiden de warmte vrij goed. Dat betekent dat er door de muren van je huis veel warmte naar buiten kan verdwijnen. Hierdoor wordt het in huis koeler nadat de verwarming is uitgegaan. Na een tijdje gaat de verwarming dan ook opnieuw aan. Om warmteverlies door de muren te voorkomen, kun je de muren isoleren.



▲ **afbeelding 19**
het aanbrengen van isolatiemateriaal bij de bouw van een huis

Een muur bestaat vaak niet uit één laag bakstenen, maar uit twee. Tussen de twee lagen bakstenen is ruimte die je kunt vullen met **isolatiemateriaal**. Omdat isolatiemateriaal warmte slecht geleidt, wordt het warmteverlies naar buiten beperkt. In een geïsoleerd huis koelt het minder snel af, waardoor de verwarming er korter en minder vaak brandt dan in een huis zonder isolatie. Door het aanbrengen van isolatie verbruik je minder energie en wordt de gasrekening minder hoog (afbeelding 19).

Dubbelglas

Ook door ruiten kan veel warmte naar buiten verdwijnen. Zeker als de ruit bestaat uit slechts één laagje dun glas. Het warmteverlies door ruiten kun je tegengaan door **dubbelglas** aan te brengen. Zoals de naam al zegt zitten in dubbelglas-ruiten twee lagen glas. Tussen deze twee lagen glas bevindt zich lucht. Stilstaande lucht geleidt de warmte slecht, waardoor de warmteverliezen naar buiten beperkt worden.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▲ **afbeelding 20**
De plavuizen voelen kouder aan dan het kleedje. Hoe komt dat?

Plus Warm en koud aanvoelen

Als je 's winters een lantaarnpaal aanraakt, dan voelt die ijskoud aan. Leg je je hand op de stam van een boom, dan lijkt die lang zo koud niet. Toch hebben de lantaarnpaal en de boomstam precies dezelfde temperatuur. Wat jij voelt, is de temperatuur die je hand krijgt – en die is wel verschillend (afbeelding 20).

Als jij de lantaarnpaal aanraakt, gaat er warmte van je hand naar de lantaarnpaal. Omdat het metaal van de lantaarnpaal een goede geleider is, wordt die warmte snel afgevoerd. Daardoor houdt het metaal onder je hand een lage temperatuur. Je hand blijft warmte afgeven en koelt steeds verder af.

Als je de boomstam aanraakt, gaat er ook warmte van je hand naar de boom. Maar het hout en de bast van de boom zijn slechte warmtegeleiders: ze voeren weinig warmte af naar de rest van de boom. Daardoor wordt de stam onder je hand een beetje warm en koelt je hand niet steeds verder af.

5 Stroming

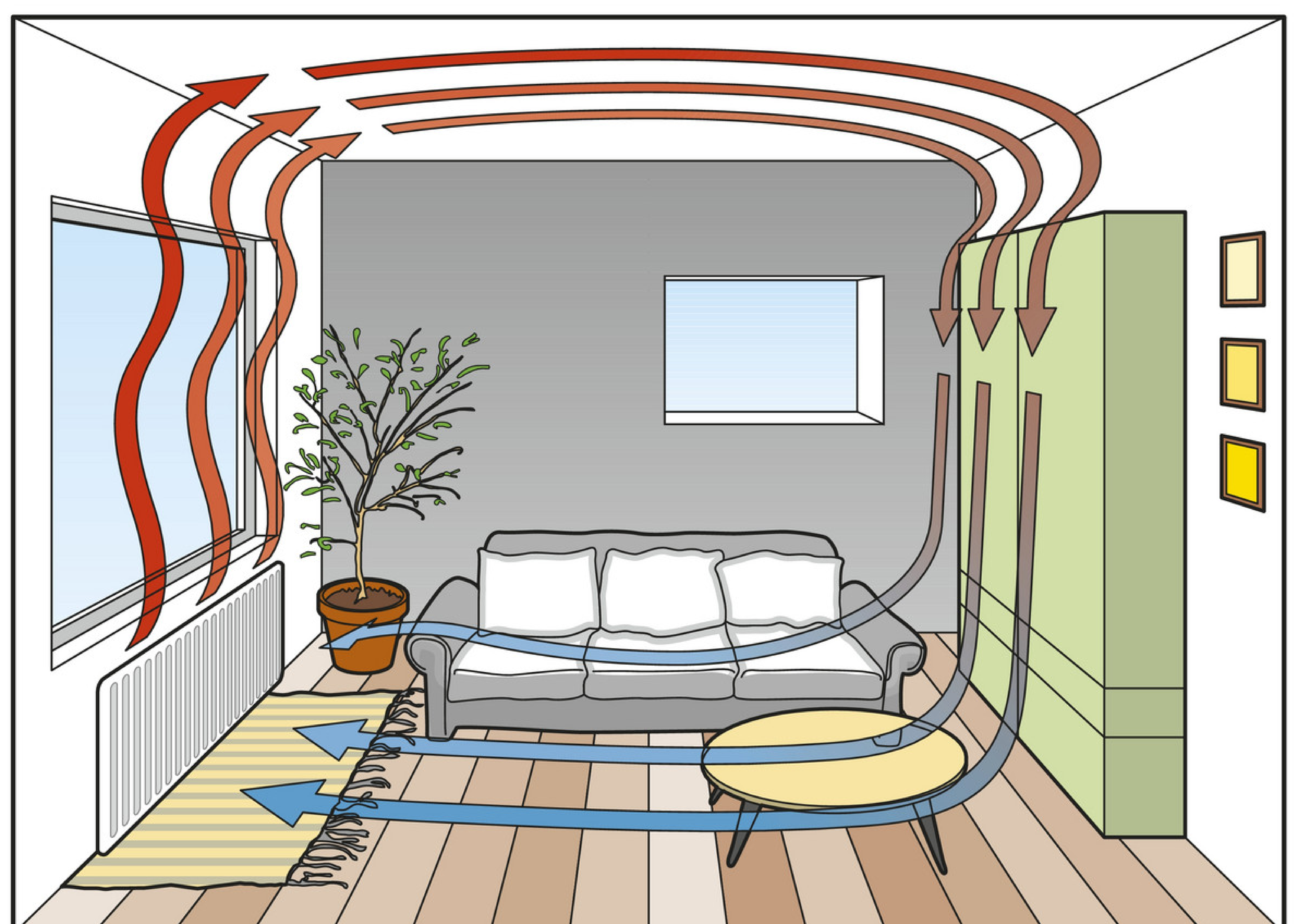
De lucht in een heteluchtballon wordt verwarmd met een grote brander. Als alle lucht in de ballon goed warm is, stijgt de ballon op. Om te landen laat de ballonvaarder de lucht weer langzaam afkoelen.

Stroming in lucht Proef 6

Een hete radiator geeft voortdurend warmte af aan de lucht eromheen. Daardoor krijgt deze lucht een hogere temperatuur. Warme lucht zet uit. De warme lucht wordt daardoor 'lichter' dan de lucht in de rest van de kamer. Het gevolg is dat de 'lichte', warme lucht omhoog gaat.

Tegen het plafond koelt de warme lucht langzaam af. Ten slotte zakt de afgekoelde lucht aan de andere kant van de kamer weer naar beneden. Ondertussen beweegt er koude lucht van onder en opzij naar de radiator toe. Deze lucht zal op haar beurt verwarmd worden en opstijgen.

Het warmtetransport dat zo in de kamer ontstaat, noem je ook wel warmteoverdracht door **convectie** (afbeelding 21).



▶ **afbeelding 21**
convectie in een kamer

Warmtetransport door stroming

De opstijgende warme lucht neemt de warmte mee die ze bij de radiator opgenomen heeft. De **warmtestroming** zorgt zo voor het warmtetransport door de kamer. De hele kamer wordt op die manier verwarmd.

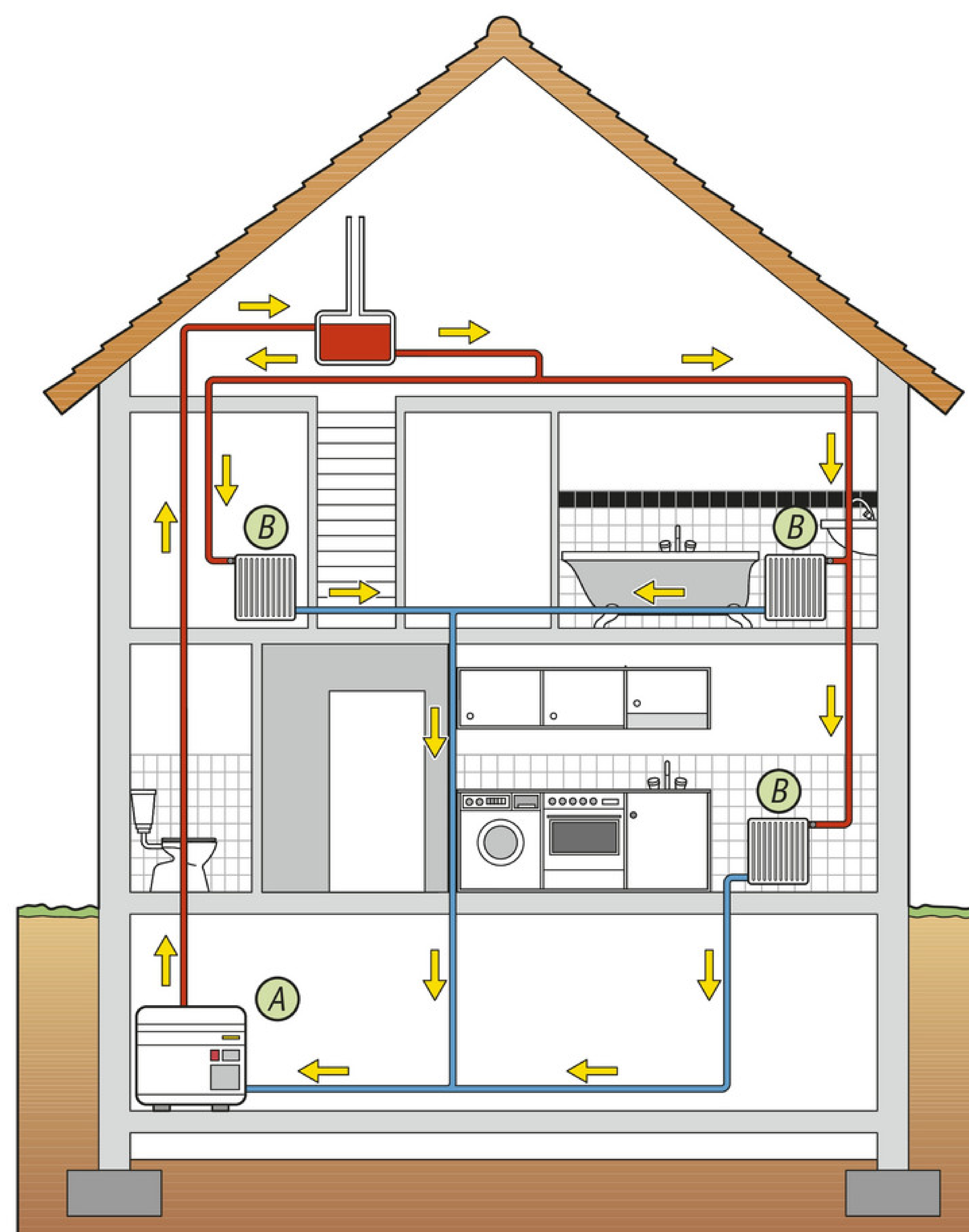
Bij warmtestroming verplaatst de warmte zich samen met de stof (en niet dóór de stof, zoals bij warmtegeleiding). De warmte verplaatst zich altijd van de plaats met de hoogste temperatuur naar de plaats met de laagste temperatuur. In dit geval: van de radiator naar de rest van de kamer.

Lucht is, zoals alle gassen, een zeer slechte warmtegeleider. Maar als er in lucht een stroming ontstaat, kan de lucht wel veel warmte vervoeren.

Warmtestroming in water

Als water op één plaats verwarmd wordt, kan er in het water een stroming ontstaan. Deze stroming kan gebruikt worden om het water door een cv-installatie te laten stromen. Je hebt dan geen pomp nodig.

In afbeelding 22 zie je zo'n cv-installatie. Het water wordt verwarmd bij A, zet uit en wordt lichter. Daardoor stijgt het water in de buis. Het water geeft warmte af bij B. Het water koelt af en stroomt verder. Bij A wordt het water opnieuw verwarmd.



▶ **afbeelding 22**
een cv-installatie zonder pomp

De cv-pomp

Een cv-installatie zonder pomp is niet erg handig. Het water stroomt maar langzaam rond. Daardoor duurt het lang voor de radiatoren goed warm zijn. Bovendien moet de cv-ketel in de kelder worden geplaatst. Moderne cv-ketels hebben daarom altijd een pomp. Zo'n pomp kan het hete water net zo snel laten rondstromen als nodig is. Bovendien kan de cv-ketel overal in huis geplaatst worden.

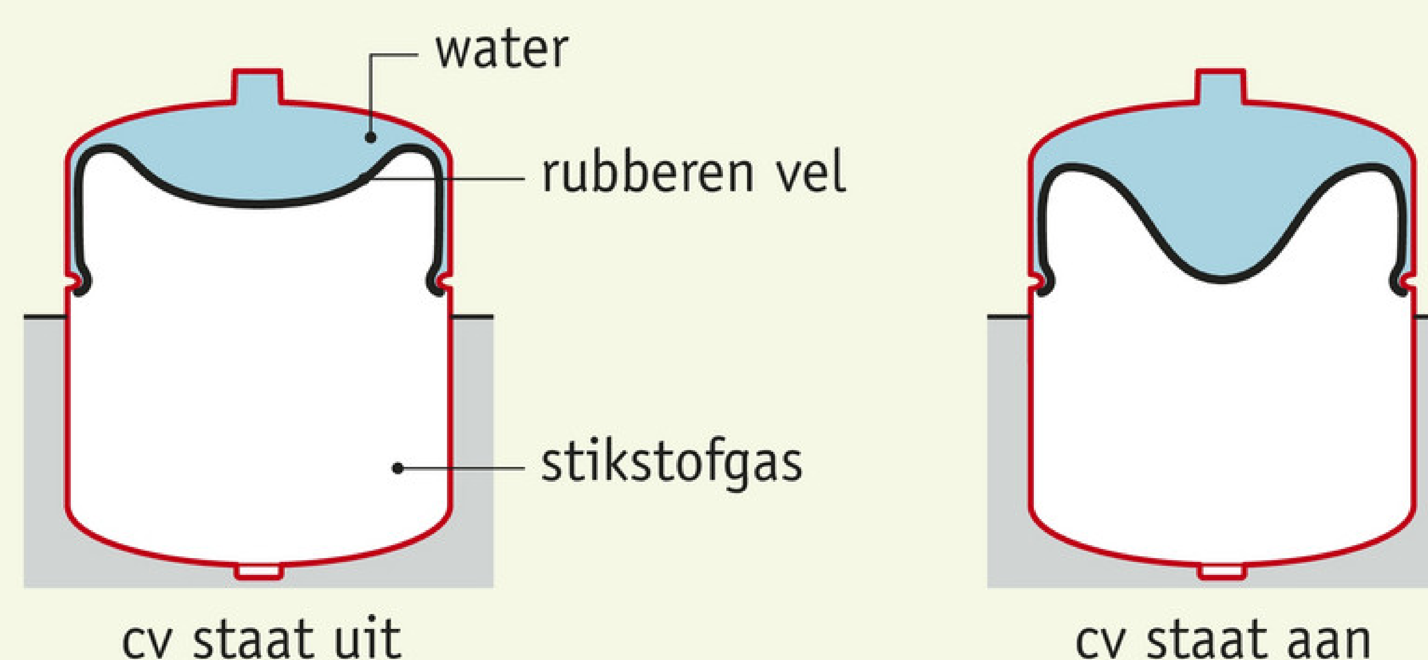
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Het expansievat

Als het water in een cv-installatie verwarmd wordt, zet het uit. De cv-leidingen zetten ook uit, maar veel minder dan het water. Daardoor is er niet genoeg ruimte om het water uit te laten zetten. Als je niets doet, zal het water de leidingen laten knappen.

Dit probleem wordt opgelost door een **expansievat** in de cv-installatie op te nemen. In dit vat wordt het water opgevangen dat niet meer in de leidingen past. 'Expansie' betekent uitzetting. Meestal is het expansievat rood en wordt het vlak bij de cv-ketel gemonteerd.

In het expansievat zit een rubberen vel: het **membraan** (afbeelding 23). Het membraan is erg veerkrachtig. Het beweegt mee als het water uitzet (bij het opwarmen) en inkrimpt (bij het afkoelen).



▲ **afbeelding 23**
een expansievat

6 Straling

In de zomer zitten veel mensen graag in de zon op een terras. De zon geeft veel warmte. Bij sommige cafés hangt een straalkachel op het terras. Daar kun je ook in de winter buiten zitten.

Warmtetransport door straling

Afbeelding 24 is een foto van een zonnehuis. De zon levert een groot deel van de warmte die voor het verwarmen van zo'n huis nodig is. Alleen op echt heel koude dagen moet de cv-ketel ingeschakeld worden.

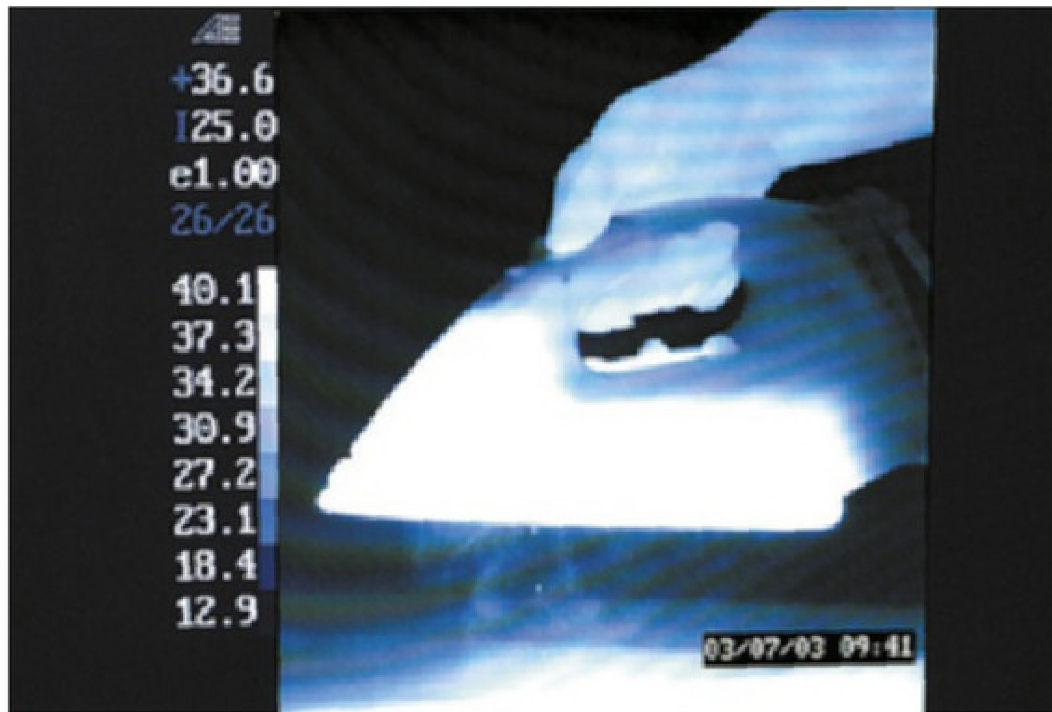


▶ **afbeelding 24**
Zonnehuizen hebben veel ramen aan de zuidzijde.

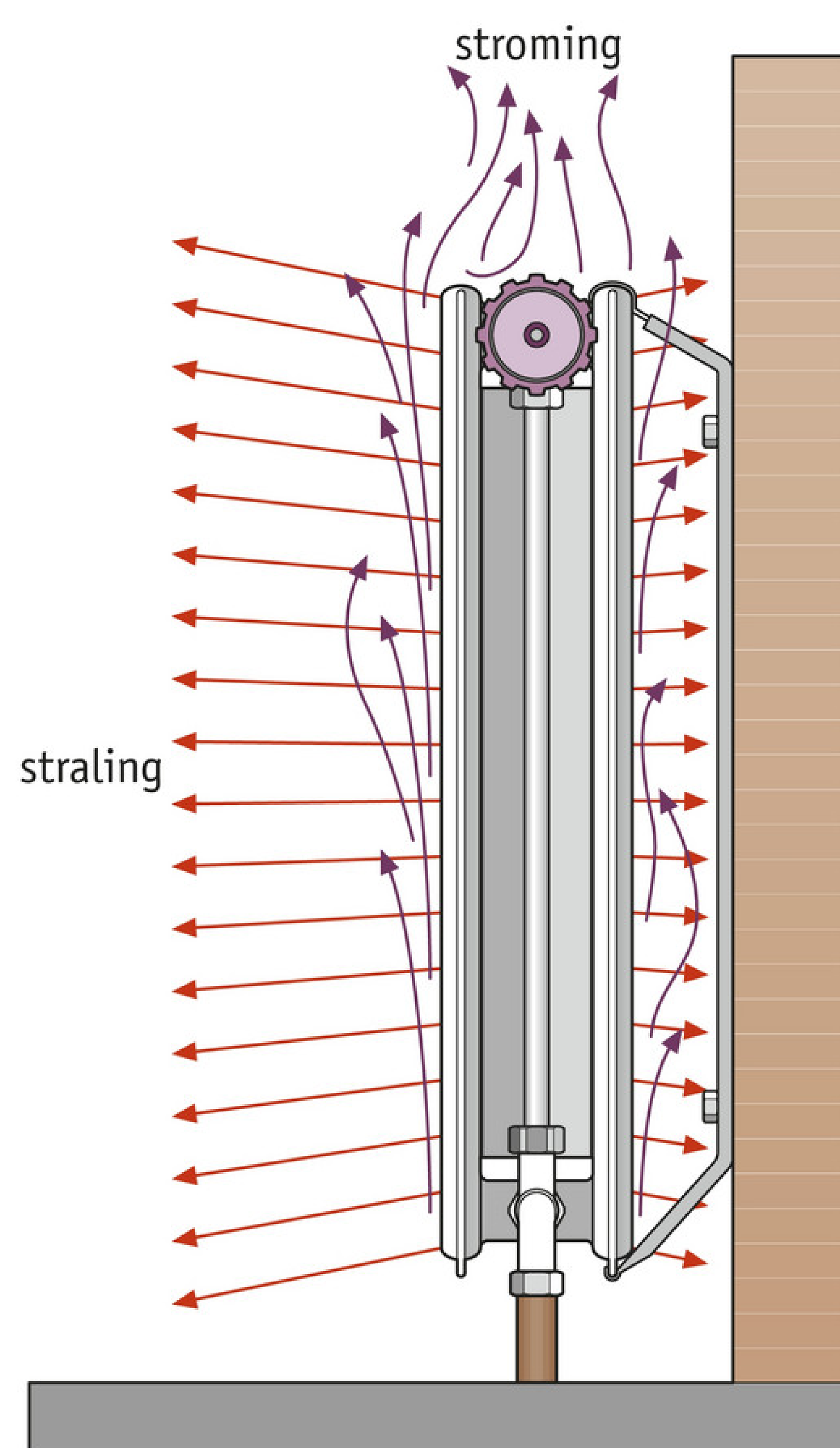
De zon straalt in alle richtingen licht en warmte uit. Een deel daarvan komt op aarde terecht. We noemen deze vorm van warmtetransport **warmtestraling**. Door straling kan warmte over grote afstanden vervoerd worden. Als het zonlicht de aarde bereikt, heeft het een reis afgelegd van ongeveer 150 miljoen kilometer.

Infrarode straling

De gloeidraad van een gloeilamp heeft een temperatuur van ongeveer 2200 °C. Als een voorwerp zo heet is, straalt het licht uit. Dat kun je zien.



▲ **afbeelding 25**
Deze foto is gemaakt met een infraroodcamera. Je ziet de warme gebieden als het ware 'oplichten'.



▲ **afbeelding 26**
warmtestroming en warmtestraling bij een radiator



▲ **afbeelding 27**
Wit weerkaatst de zonnestraling, zwart absorbeert de zonnestraling.

De temperatuur van een hete radiator is 70 tot 80 °C. Bij deze temperatuur zendt een voorwerp geen zichtbaar licht uit. Het zendt wel infrarode straling uit die je ogen niet kunnen zien. Je kunt die straling wel voelen, bijvoorbeeld als je een hand voor een hete radiator houdt. Ook kun je deze straling met speciale camera's fotograferen (afbeelding 25).

Radiatoren verwarmen een kamer zowel door stroming (50 tot 70%) als door straling (30 tot 50%). Zie afbeelding 26.

Straling uitzenden en absorberen

Een voorwerp kan warmte afstaan door straling uit te zenden. De zon verwarmt de aarde door het licht dat ze uitstraalt. Een radiator straalt warmte uit naar de voorwerpen in de kamer.
Een voorwerp kan ook straling opnemen. We noemen dat **absorberen**. Het voorwerp wordt dan warm. De aarde wordt warm als ze het licht van de zon absorbeert. Je hand wordt warm als die de straling van een hete radiator absorbeert.

Straling kan dus warmte vervoeren, van het ene voorwerp (dat de straling uitzendt) naar het andere voorwerp (dat de straling absorbeert). De warmte gaat daarbij altijd van het voorwerp met de hoogste temperatuur naar het voorwerp met de laagste temperatuur.

Zonnestraling wordt het beste geabsorbeerd door donkere, doffe voorwerpen. Daardoor krijg je het al gauw te warm als je met een zwart T-shirt in de hete zon loopt. In een wit T-shirt heb je minder last van de warmte, omdat wit de zonnestraling grotendeels weerkaatst (afbeelding 27).

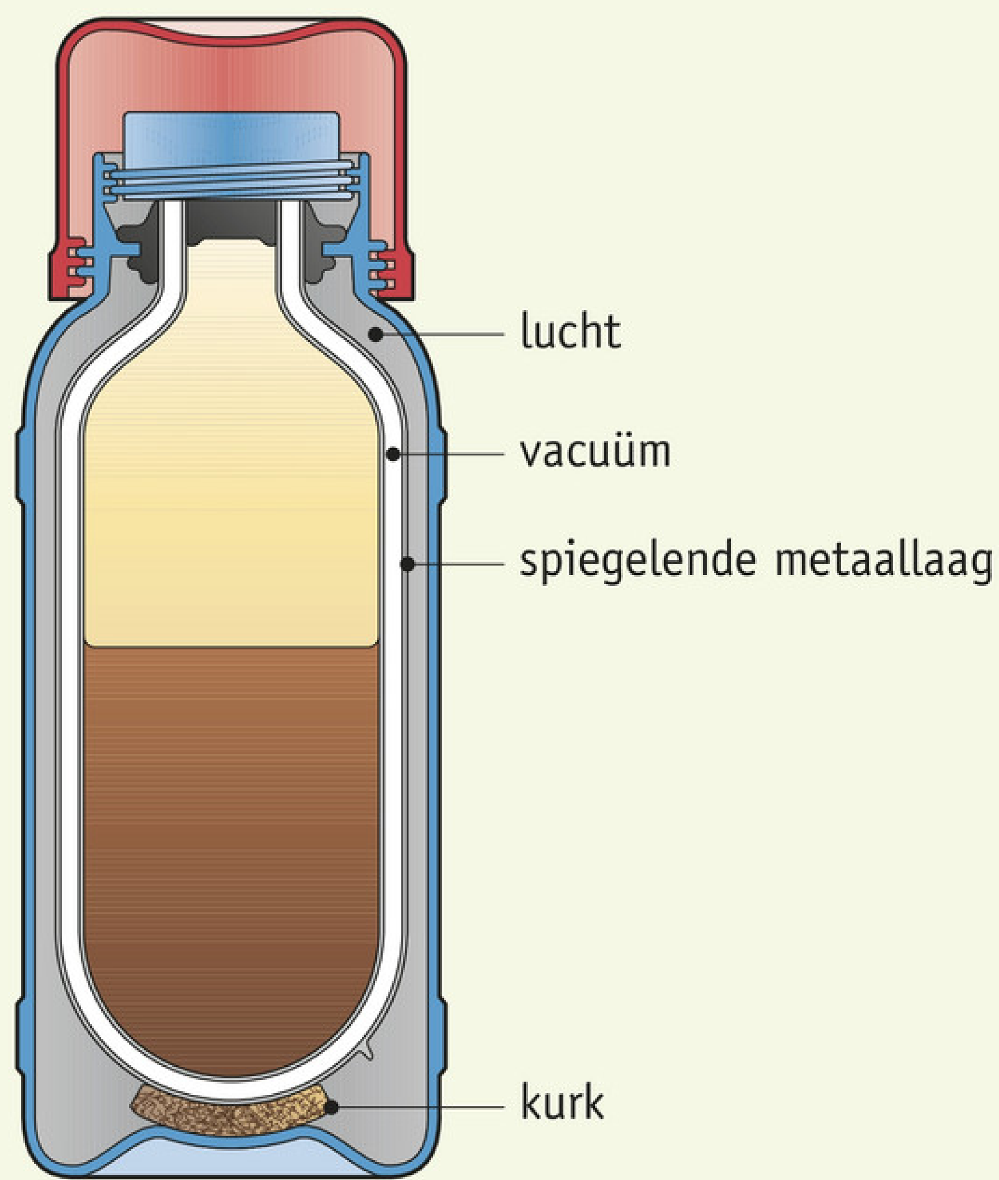
Straling terugkaatsen

Lichte, glanzende voorwerpen absorberen maar weinig straling. Het grootste deel van de straling wordt teruggekaatst. De hittebestendige pakken van de brandweer hebben een glanzende buitenkant, zodat de warmte van een brand zoveel mogelijk door de pakken wordt teruggekaatst en niet geabsorbeerd.

Lichte, glanzende voorwerpen zijn ook slechte warmtestralers. Als ze heet zijn, stralen ze hun warmte maar langzaam uit. Daarom heeft een thermosfles een glanzende binnenkant. Die binnenkant zit dan weer verpakt in een plastic omhulsel. Plastic is een slechte warmtegeleider.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De thermoskan



▲ **afbeelding 28**
het binnenste van een thermoskan

Een thermosfles bestaat eigenlijk uit twee flessen. Binnen in de kan zit nog een fles (afbeelding 28). De binnenste fles heeft een binnen- en een buitenwand van glas of metaal. De ruimte tussen deze twee wanden is vacuüm gemaakt. In deze ruimte kan de warmte alleen vervoerd worden door straling (en niet door stroming of geleiding). De binnen- en de buitenkant van de binnenste fles zijn bekleed met een glanzend laagje zilver. Dat laagje kaatst de infrarode straling terug.

Als er hete koffie in de thermoskan zit, is de binnenwand heet. Toch straalt de binnenwand niet veel infrarode straling uit. Dat komt doordat zilver een heel slechte warmtestraler is. De buitenwand kaatst de infrarode straling bovendien voor het grootste deel weer terug naar binnen. Daardoor verdwijnt de warmte van de koffie maar heel langzaam naar buiten.

7 Extra: Eten klaarmaken



▲ **afbeelding 29**
gebakken – gekookt – rauw – gefrituurd

Mensen gebruiken al heel lang warmte om voedsel klaar te maken. In het begin deden ze dat boven een open vuur. Veel later werd de oven uitgevonden en weer veel later het fornuis. Tegenwoordig kom je in een keuken allerlei verschillende warmtebronnen tegen.

Voedsel verhitten

Er zijn verschillende redenen om voedsel eerst te verhitten:
- Het verhitten maakt het voedsel (beter) verteerbaar. Je lichaam kan de voedingsstoffen er dan (beter) uithalen. Daarom eet je aardappels niet rauw, maar gekookt of gebakken.
- Het verhitten doodt ziektekiemen (bacteriën) in het voedsel. Zo kun je voorkomen dat je ziek wordt. Daarom let je bij het bakken van gehakt goed op dat het vlees door en door wordt verhit.
- Het verhitten zorgt er vaak voor dat het voedsel beter smaakt.

Koken en frituren

Als je kookt of frituurt, gebruik je een vloeistof om het voedsel te verwarmen. Die vloeistof heeft een vaste (constante) temperatuur. Als je aardappels of groente kookt, is de temperatuur 100 °C. Je hoeft die temperatuur niet in te stellen of te regelen: zolang het water blijft koken, is de temperatuur precies 100 °C (100 °C is het kookpunt van water).

Frituren betekent dat je het voedsel verhit in olie of in vloeibaar vet. De temperatuur van de vloeistof moet tussen de 150 en 200 °C liggen. Bij een moderne frituurpan wordt de temperatuur elektronisch geregeld. Het is belangrijk dat het regelen van de temperatuur goed gebeurt. Het vet of de olie mag niet te heet worden, anders slaat de vlam in de pan.

Bij frituren wordt een hogere temperatuur gebruikt dan bij koken. Daardoor is het eten snel klaar. Veel mensen houden ook van de smaak van gefrituurd voedsel. De meesten van jullie vinden patat lekkerder dan gekookte aardappels. Frituren heeft ook een nadeel: het eten wordt er vet van en dat is niet zo goed voor je gezondheid (afbeelding 29).



▶ **afbeelding 30**
gloeiende draden in een broodrooster

Grillen en roosteren

In een grill of een broodrooster wordt het voedsel verwarmd door infrarode straling. Als je in een broodrooster kijkt, zie je draden die vuurrood opgloeien (afbeelding 30). Deze draden stralen veel infrarode straling uit.
De infrarode straling wordt geabsorbeerd in de buitenste laag van het voedsel. Vooral die buitenste laag wordt verwarmd. Op die manier kun je het voedsel een mooi bruin korstje geven.

De magnetron

Een leeg bord wordt heet als je het onder de grill zet. Het bord absorbeert de infrarode straling en is al snel te heet om aan te pakken. Maar als je een leeg bord in de magnetron zet, gebeurt er niets. Het bord wordt zelfs niet warm. Daaraan merk je dat in een magnetron geen infrarode straling gebruikt wordt, maar een ander soort straling.

In een magnetron wordt gebruikgemaakt van **microgolven**. In het Engels heet een magnetron daarom een 'microwave' – 'wave' is het Engelse woord voor golf. Deze microgolven hebben de eigenschap dat ze water en vet snel heet kunnen maken. Voedsel bevat veel water of vet en warmt daardoor snel op in de magnetron. Een stenen bord of een glazen schaal worden niet verhit door de microgolven, omdat steen en glas geen water bevatten.

Als je een bal gehakt op een bordje één minuut in een magnetron verwarmt, wordt de bal heet, maar kun je het bordje nog makkelijk met je blote handen vastpakken. Na een poosje is het bordje echter ook heet geworden: door warmtegeleiding wordt de warmte van de gehaktbal doorgegeven aan het bordje.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.


NOLAN
FPS-RACING.COM
92

6 Bewegen

Sport en verkeer

In de sport en het verkeer draait alles om beweging. Daarom zijn er allerlei technieken ontwikkeld om bewegingen vast te leggen, te bestuderen en te beschrijven. De resultaten worden gebruikt om het verkeer veiliger te maken en sportprestaties te verbeteren.

Basisstof

Extra

1 Bewegingen vastleggen

Het is vaak moeilijk te zien hoe iemand of iets beweegt. Vooral snelle bewegingen zijn met het blote oog niet goed te volgen. Soms wil je toch graag weten hoe zo'n beweging verloopt. Daarom zijn er verschillende manieren bedacht om bewegingen vast te leggen.

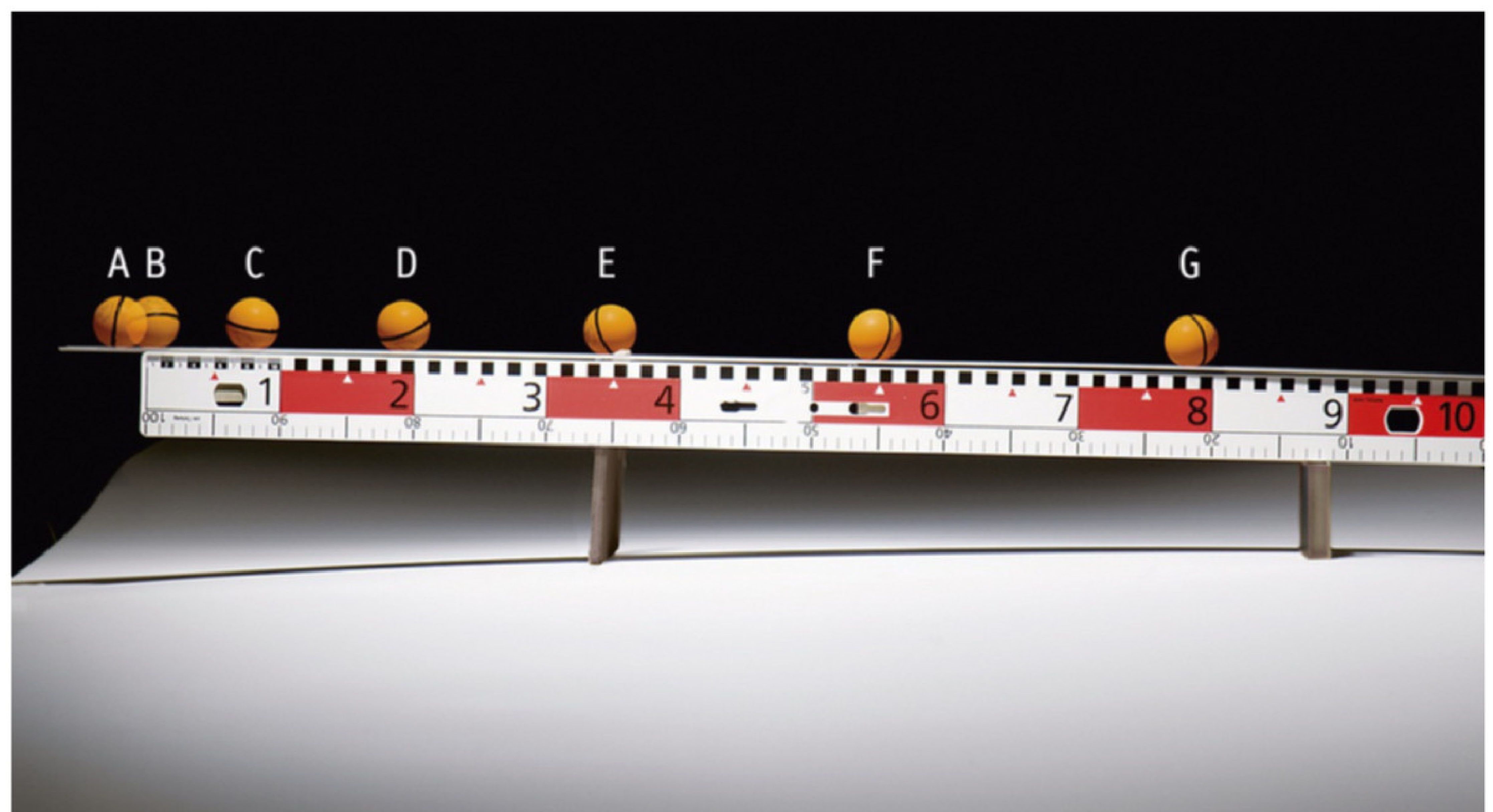
Bewegingen fotograferen Proef 1

Eén manier is de beweging met korte tussenpozen te fotograferen. Je krijgt dan een serie foto's, die elk één moment van de beweging laten zien. Als je een beweging filmt, doe je eigenlijk hetzelfde: ook dan wordt de beweging vastgelegd in een serie beelden (een videocamera maakt bijvoorbeeld 30 opnames per seconde).

Je kunt een beweging ook vastleggen door een **stroboscopische foto** te maken. Zo'n foto wordt gemaakt in een verduisterde ruimte, met als enige verlichting een **stroboscooplamp**. Dat is een apparaat dat met regelmatige tussenpozen een lichtflits geeft. De fotograaf laat de sluiter van het fototoestel tijdens de hele beweging open staan. Elke keer dat de stroboscooplamp een lichtflits geeft, wordt er een moment van de beweging vastgelegd. Alle beelden komen op verschillende plaatsen in dezelfde foto terecht.

In afbeelding 1 is een stroboscopische foto afgedrukt. De tijd tussen twee flitsen is steeds hetzelfde. Doordat er steeds meer afstand tussen de ballen zit, weet je dat de bal steeds sneller naar beneden rolt.

▶ **afbeelding 1**
Hoe beweegt de rollende bal?



▼ **tabel 1** de afstand tegen de tijd

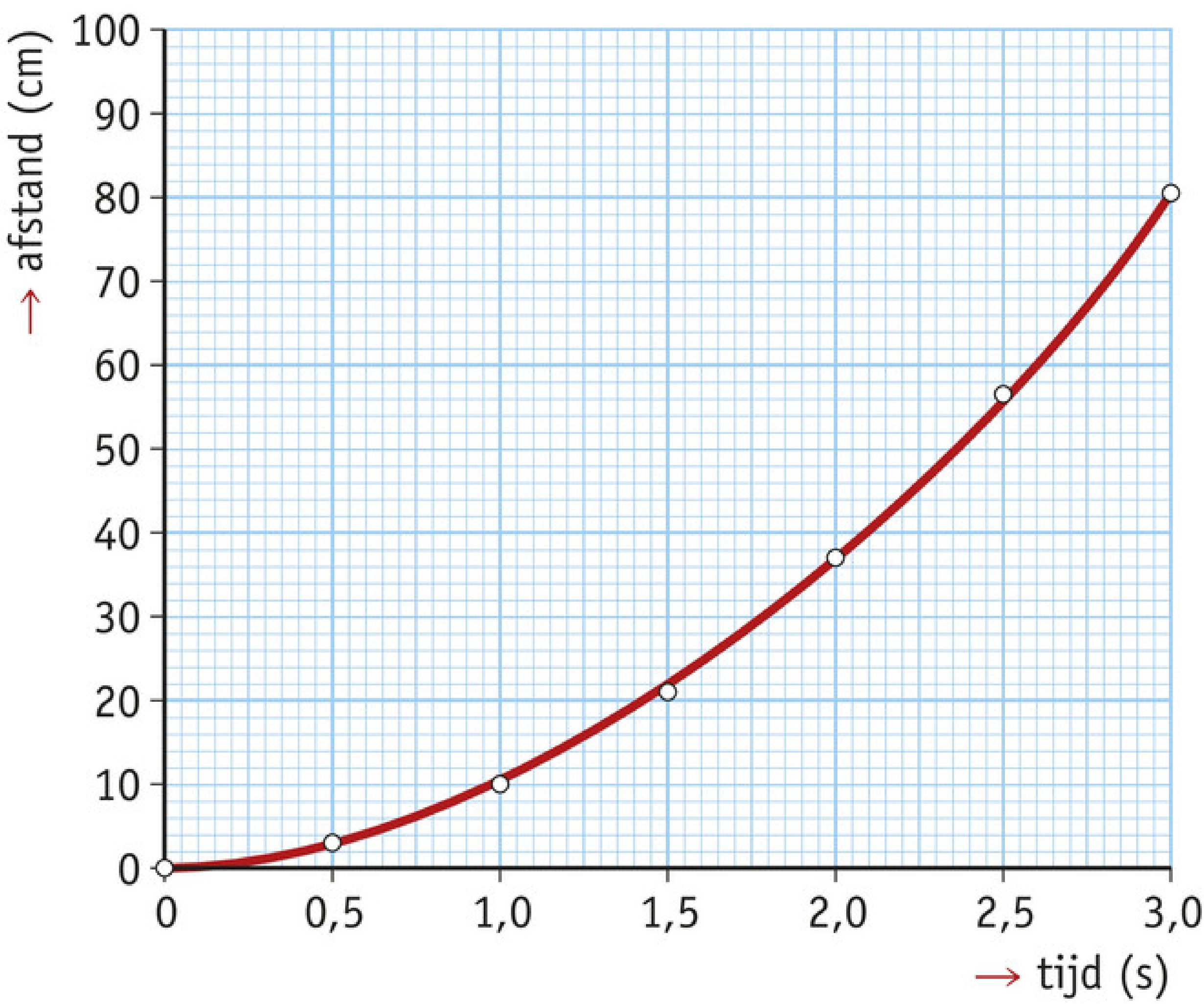
	tijd (s)	afstand (cm)
A	0	0
B	0,5	3
C	1,0	10
D	1,5	
E		
F		
G		

Een afstand-tijd-tabel maken

Soms is het handig om een afstand-tijd-tabel van een beweging te maken. Je kunt zo'n tabel maken aan de hand van een stroboscopische foto. Je moet dan wel weten:
- hoeveel tijd er tussen de lichtflitsen zit;
- hoe groot de afstanden op de foto in werkelijkheid zijn.

Om de afstand gemakkelijk te kunnen bepalen, wordt vaak een meetlat meegefotografeerd.

In afbeelding 1 is de tijdsduur tussen twee lichtflitsen een halve seconde. De afstanden kun je aflezen op de meetlat. Daarbij kijk je steeds naar de rechterkant van de bal.
De beweging begint bij A. Dus zet je in tabel 1 bij A: tijd = 0 s en afstand = 0 cm.
Dan lees je de afstand af tussen A en B: 3 cm. De bal heeft dus 3 cm afgelegd in een halve seconde. Je vult in bij B: tijd = 0,5 s en afstand = 3 cm.
Vervolgens lees je de afstand af tussen A en C. Je ziet dat de bal in één seconde een totale afstand heeft afgelegd van 10 cm. Je vult in bij C: tijd = 1,0 s en afstand = 10 cm.
Ga zelf na hoe de tabel verder ingevuld moet worden.



▲ **afbeelding 2**
een afstand-tijd-diagram

Een afstand-tijddiagram maken

Van een afstand-tijd-tabel kun je een afstand-tijd-diagram maken. Zo'n diagram maak je als volgt:
1 Teken een assenstelsel, met de tijd langs de horizontale as en de afstand langs de verticale as.
2 Teken de gegevens uit de tabel als punten in het assenstelsel.
3 Teken een lijn die zo goed mogelijk aansluit bij de meetpunten.

Dat kan een rechte of een kromme lijn zijn.

In afbeelding 2 zie je het afstand-tijd-diagram van de beweging van de rollende bal in afbeelding 1. Je kunt nu bij elk tijdstip de bijbehorende afstand aflezen, en omgekeerd.

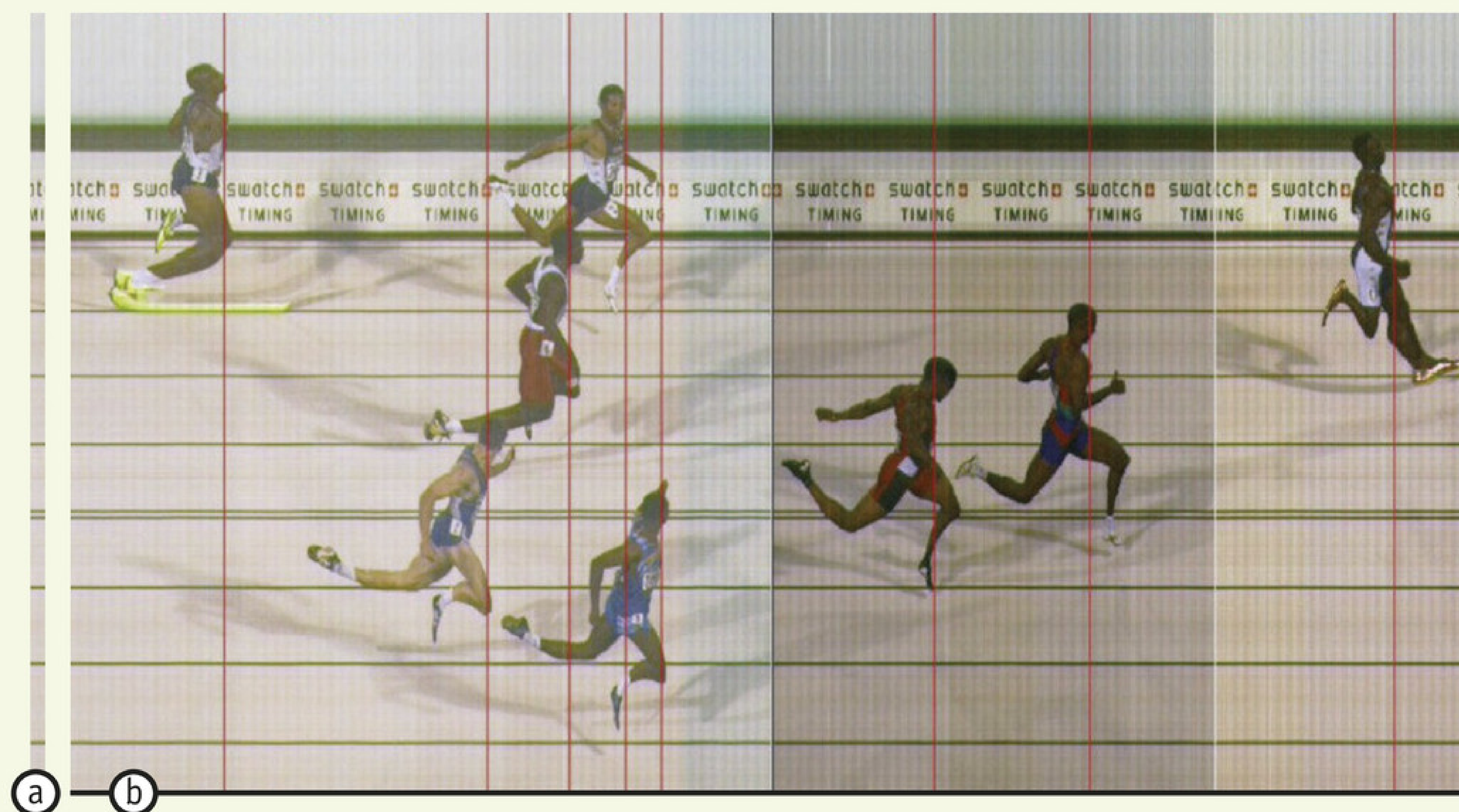
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Finishfoto

Bij de 100 meter hardlopen komen de atleten vaak bijna gelijktijdig over de finish. Soms heeft de jury een **finishfoto** nodig om erachter te komen wie de winnaar was. Op zo'n foto kun je duidelijk zien in welke volgorde de atleten de finishlijn zijn gepasseerd.

Een finishfoto wordt gemaakt met een speciale camera. Voor de lens van die camera zit een scherm met een verticale spleet. Door die spleet is een smalle strook van de baan te zien, ter hoogte van de finishlijn. Als je één opname met de camera maakt, krijg je een smalle foto waar alleen de 'finishstrook' opstaat (afbeelding 3a).

Een finishfoto bestaat uit een hele serie van die opnames naast elkaar. De opnames komen naast elkaar terecht, doordat de film tijdens het nemen van de foto achter de lens langs beweegt. Samen vormen deze opnames de finishfoto (afbeelding 3b). Rechts zie je de atleet die als eerste op de finish was, en links de atleet die als laatste op de finish was.



▲ **afbeelding 3**
Een finishfoto bestaat uit een serie opnames naast elkaar. Links zie je één losse opname, rechts de hele finishfoto.

2 Gemiddelde snelheid



▲ **afbeelding 4**
atletes op topsnelheid in de 100 meter

Een wielrenner die 184 kilometer in 4 uur aflegt, heeft een gemiddelde snelheid van 46 kilometer per uur (km/h). Dat betekent natuurlijk niet dat zijn snelheid de hele tijd precies 46 km/h was. Maar als hij wel voortdurend 46 km/h gereden had, zou hij dezelfde afstand (184 km) in dezelfde tijd (4 uur) hebben afgelegd.

De gemiddelde snelheid berekenen

De **gemiddelde snelheid** geeft een goede indruk van hoe snel iets of iemand beweegt. Je kunt de gemiddelde snelheid berekenen door de afgelegde afstand te delen door de benodigde tijd:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$$

Als je de afstand invult in meters en de tijd in seconden, krijg je de gemiddelde snelheid in meter per seconde (m/s).
Als je de afstand invult in kilometers en de tijd in uren, krijg je de gemiddelde snelheid in kilometer per uur (km/h).

Voorbeeldopgave 1
Een atlete die de 100 meter in 10,8 seconden loopt, heeft een gemiddelde snelheid van:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}} = \frac{100 \text{ m}}{10{,}8 \text{ s}} = 9{,}3 \text{ m/s}$$

Omrekenen van m/s naar km/h

Vaak is het handig om snelheden om te rekenen van m/s naar km/h. Als je 9,3 m/s omrekent, kom je uit op een snelheid van iets meer dan 33 km/h. Dat zegt je waarschijnlijk meer dan 9,3 m/s.

Om snelheden te kunnen omrekenen, moet je weten dat:
1 km = 1000 m
1 h = 60 min = 3600 s



▶ **afbeelding 5**
Op een fietscomputer kun je de gemiddelde snelheid aflezen.

Voorbeeldopgave 2
Iemand loopt 3 m/s. Hoeveel km/h is dat?

Uitwerking:
1 uur = 60 minuten
60 minuten = 60 × 60 = 3600 seconden

In 1 seconde 3 meter is in 1 uur 3600 × 3 meter = 10 800 meter.
10 800 meter = 10,8 km.

3 m/s komt dus overeen met 10,8 km/h.

Je kunt de snelheid (in m/s) ook in één keer vermenigvuldigen met 3,6. Dat komt op hetzelfde neer.
Dus: 3 m/s = 3 × 3,6 = 10,8 km/h.

De afstand berekenen

De formule voor de gemiddelde snelheid kun je ook gebruiken om er de afstand mee te berekenen. Je schrijft de formule dan zo:

afstand = gemiddelde snelheid × tijd

Voorbeeldopgave 3
Tom rijdt een flinke afstand op zijn racefiets. Na drieënhalf uur fietsen kijkt hij op zijn fietscomputer. Hij ziet dat zijn gemiddelde snelheid 28 km/h is.
Welke afstand heeft Tom in drieënhalf uur afgelegd?

gemiddelde snelheid = 28 km/h
tijd = 3,5 h

afstand = gemiddelde snelheid × tijd = 28 × 3,5 = 98 km

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Routeplanners

Een **routeplanner** is een computerprogramma waarmee je snel een goede reisroute kunt opzoeken (afbeelding 6). Het programma vertelt erbij hoe groot de **reistijd** zal zijn (hoe lang je over de reis zult doen).

Een routeplanner rekent de reistijd als volgt uit. Eerst zoekt het programma uit over wat voor wegen je rijdt. Daarna rekent het voor elk soort weg apart de reistijd uit. Ten slotte telt het programma de afzonderlijke reistijden bij elkaar op.

Om de reistijd over één soort weg te berekenen, gebruikt de routeplanner twee gegevens: de afstand die wordt afgelegd en de gemiddelde snelheid op dit soort wegen.

Voorbeeldopgave 4
Bereken hoe lang een auto doet over 385 km op de snelweg. De gemiddelde snelheid op een snelweg is 110 km/h (als er geen files zijn).

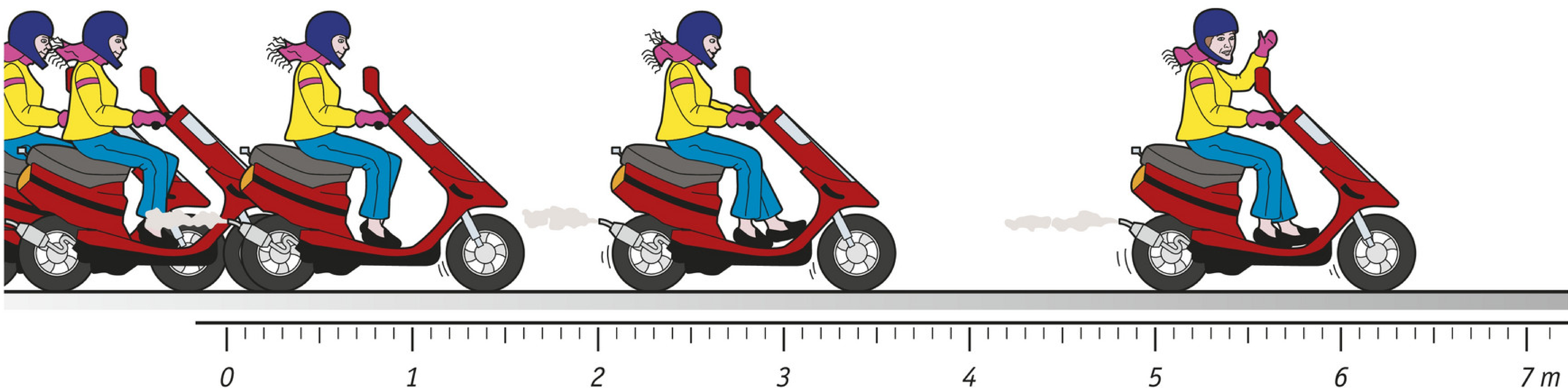
$$\text{tijd} = \frac{\text{afstand}}{\text{gemiddelde snelheid}} = \frac{385}{110} = 3{,}5 \text{ h}$$

ANWB routeplanner Europa
Plan route | Zoek locatie
Route opties: snelste, alternatieve, kortste; vermijd langdurig afgesloten hoofdwegen
Reistijdverwachting Nederland: toon de verwachte reistijd op basis van historische files; vertrek; vandaag (di, 22 apr); uur
Van — Land: Nederland; Postcode; Straat: Damrak; Huisnummer: 5; Plaats: Amsterdam
Naar — Land: Nederland; Postcode; Straat; Huisnummer; Plaats
Via (optioneel) — Land of verbinding: Maak een keuze; Plaats: kies eerst een land of verbinding
> Kies vertrekadres uit: Gouden Gids, Nationale telefoongids
> Kies bestemmingsadres uit: Gouden Gids, Nationale telefoongids
onthoud één of meer criteria
Wis | Plan route
Veel gestelde vragen over ANWB routeplanner
> Welke nieuwe mogelijkheden biedt de routeplanner?
> Wat is het verschil tussen de snelste, alternatieve en kortste route?
> Hoe vaak wordt de planner bijgewerkt met nieuwe wegen en adressen?
> Naar alle vragen

◀ **afbeelding 6**
een routeplanner op internet

3 Versneld – eenparig – vertraagd

Natuurkundigen verdelen bewegingen in verschillende soorten. Daarbij kijken ze vooral naar de snelheid: wordt de snelheid steeds groter, blijft hij de hele tijd gelijk of neemt hij steeds verder af? In deze paragraaf leer je meer over deze drie soorten bewegingen.



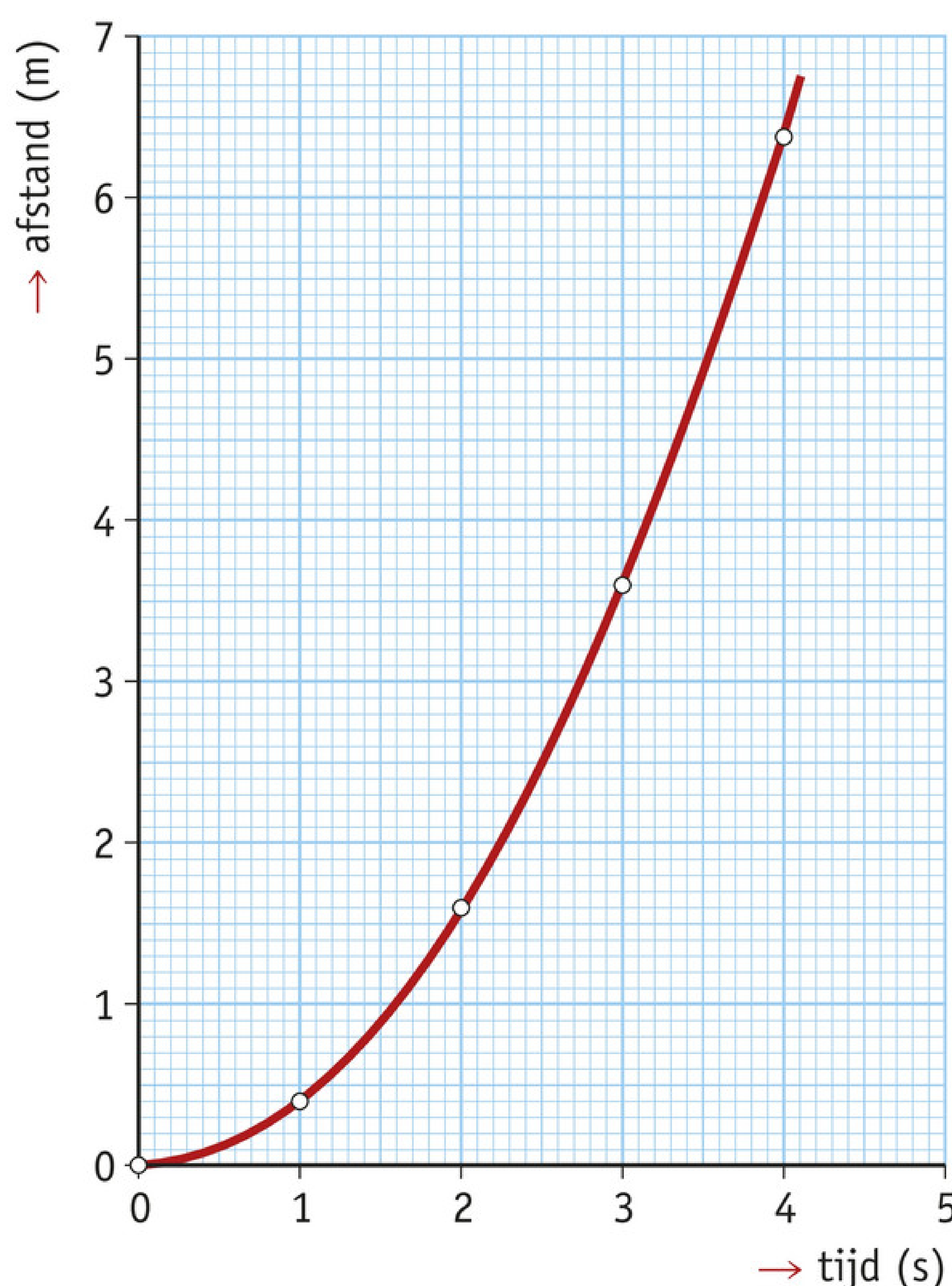
▲ **afbeelding 7**
een versnelde beweging

De versnelde beweging Proef 2

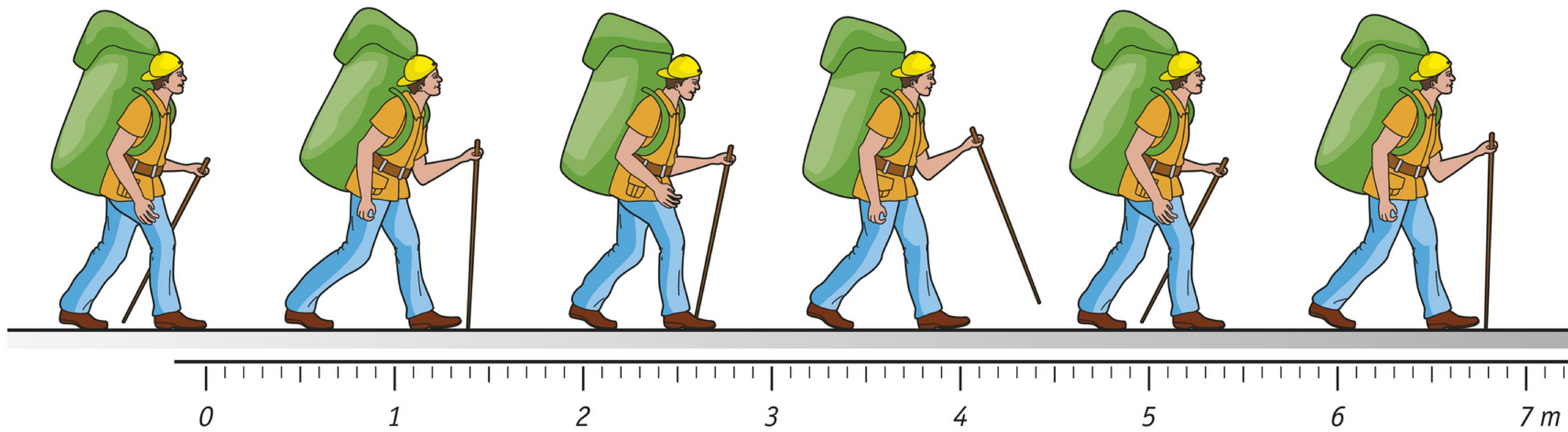
In afbeelding 7 is te zien hoe een scooter optrekt. De tekenaar heeft de scooter vijf keer getekend: bij het begin van de beweging en na 1, 2, 3 en 4 seconden. Op de meetlat onder de tekening kun je aflezen hoe groot de afgelegde afstand is.

De tussenruimtes in de tekening worden steeds groter. Dat betekent dat de scooter steeds sneller beweegt: in dezelfde tijd (een seconde) legt hij een steeds grotere afstand af. Zo'n beweging waarvan de snelheid steeds groter wordt, noem je een **versnelde beweging**.

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van de beweging tekenen. Je krijgt dan een kromme lijn die steeds steiler omhoog loopt (afbeelding 8). Aan zo'n kromme lijn kun je het afstand-tijd-diagram van een versnelde beweging herkennen.



▲ **afbeelding 8**
het afstand-tijd-diagram van een versnelde beweging



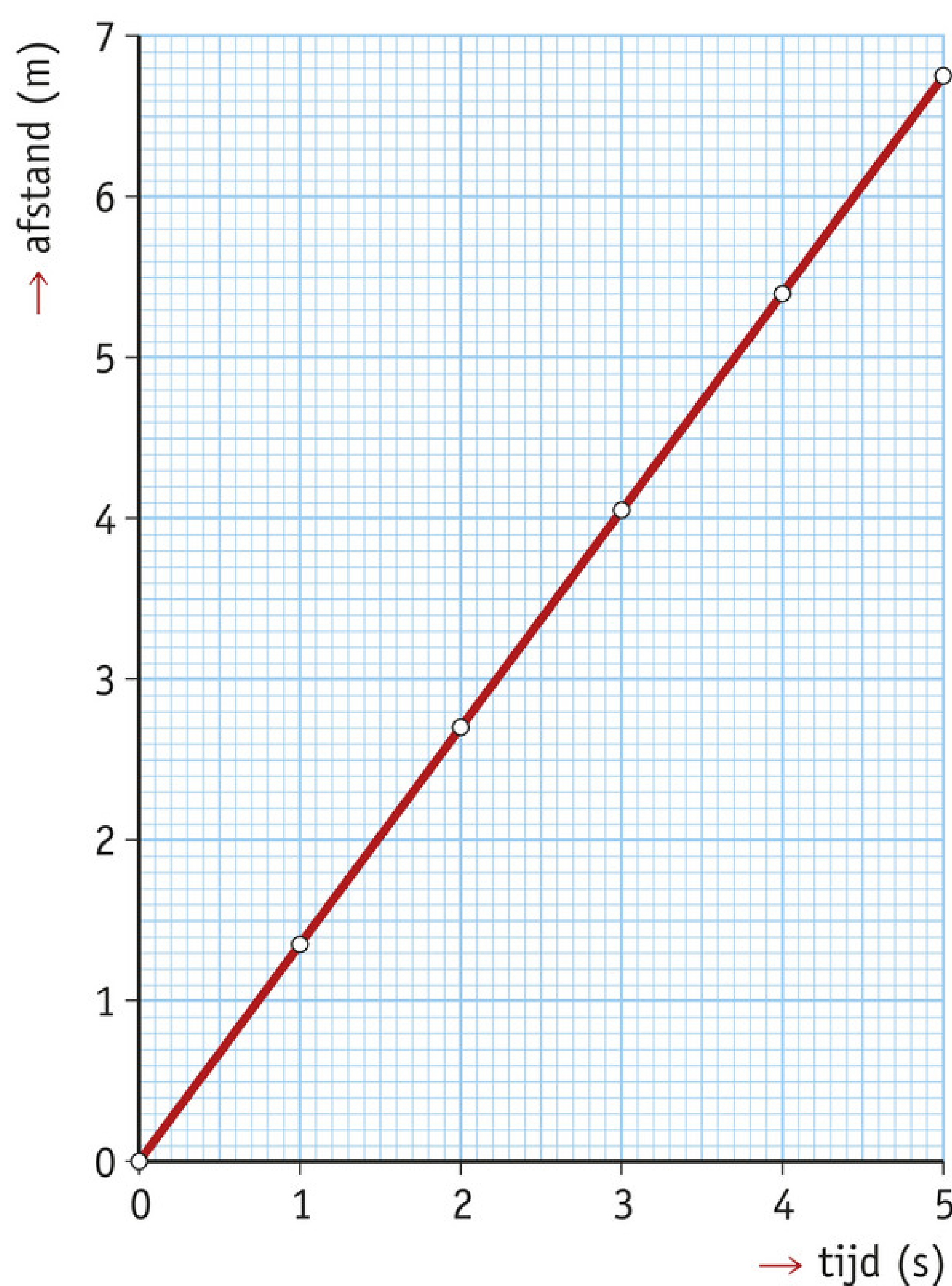
▲ **afbeelding 9**
een eenparige beweging

De eenparige beweging

In afbeelding 9 zie je een wandelaar die rustig doorloopt. De wandelaar is zes keer getekend, na 0, 1, 2, 3, 4 en 5 seconden.

In deze tekening zijn de tussenruimtes steeds even groot. Daaraan zie je dat de snelheid van de wandelaar niet verandert: hij legt steeds dezelfde afstand af in dezelfde tijd. Zo'n beweging waarvan de snelheid niet verandert, noem je een **eenparige beweging**.

Bij een eenparige beweging is de snelheid constant. Dat betekent dat de snelheid steeds even groot is.



▲ **afbeelding 10**
het afstand-tijd-diagram van een eenparige beweging

Voorbeeldopgave 5

Bereken de snelheid van de wandelaar in afbeelding 9 (in km/h).

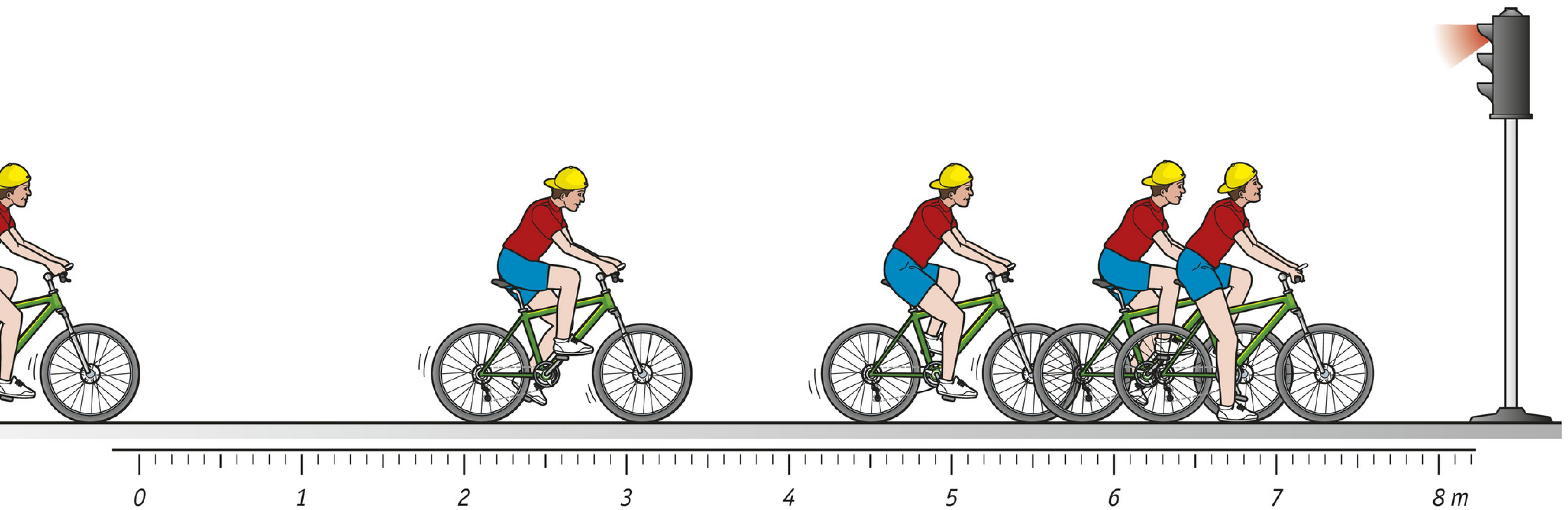
Je ziet dat de wandelaar 6,8 meter aflegt in 5 seconden:

$$\text{snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}} = \frac{6{,}8}{5} = 1{,}36 \text{ m/s}$$

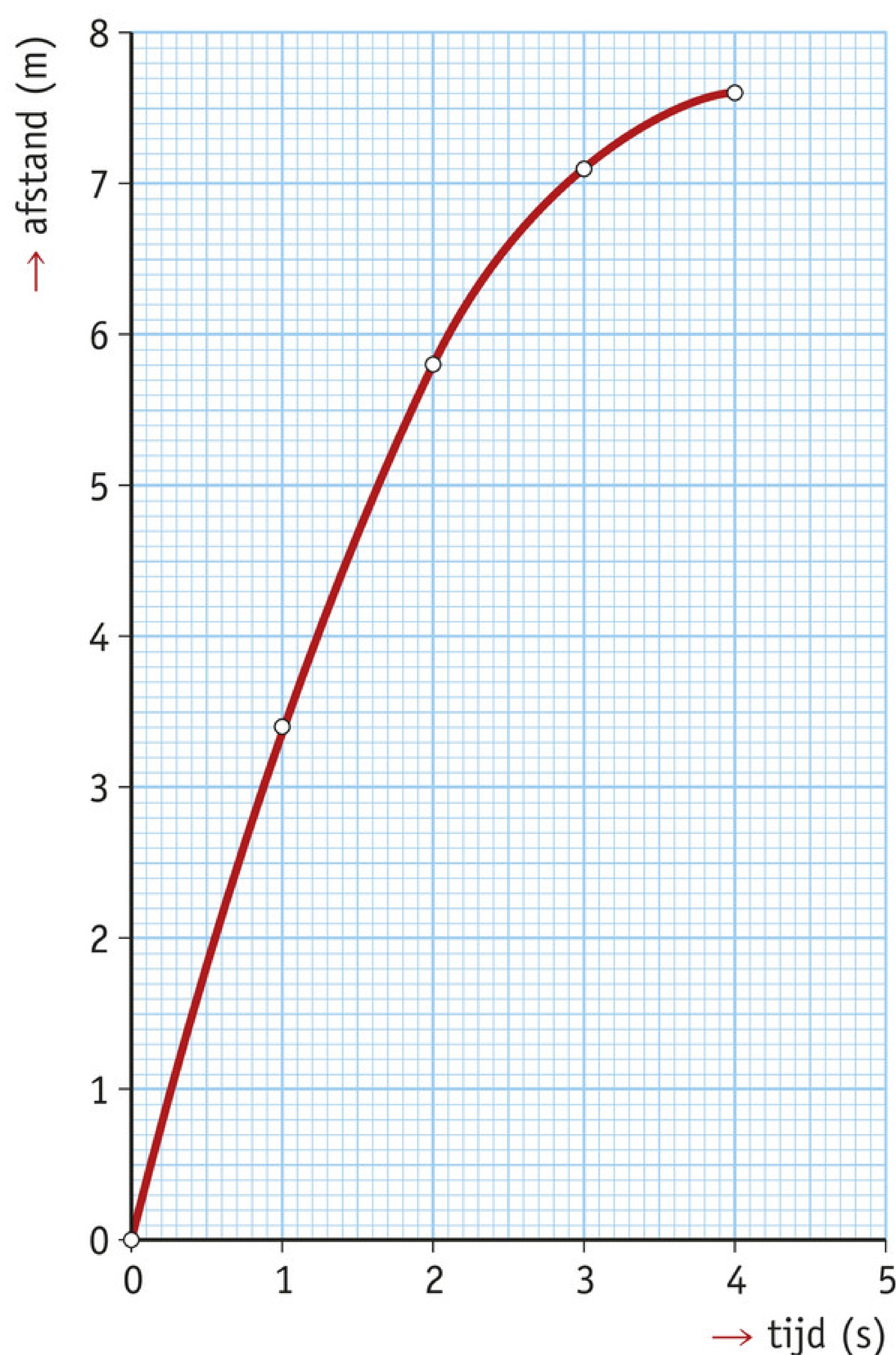
× 3,6

De snelheid van de wandelaar is 1,36 m/s ≈ 5,0 km/h.

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Het resultaat is een rechte lijn die omhoog loopt (afbeelding 10). Aan zo'n rechte lijn kun je het afstand-tijd-diagram van een eenparige beweging herkennen.



▲ **afbeelding 11**
een vertraagde beweging



▲ **afbeelding 12**
het afstand-tijd-diagram van een vertraagde beweging

De vertraagde beweging Proef 3

In afbeelding 11 is getekend hoe een fietsster afremt voor een verkeerslicht. Je ziet waar de fietsster is na 0, 1, 2, 3 en 4 seconden.

Deze keer worden de tussenruimtes steeds kleiner. Daaraan zie je dat de fietsster afremt: de afstand die ze in één seconde aflegt, wordt steeds kleiner. Ten slotte staat ze stil. Zo'n beweging waarvan de snelheid steeds kleiner wordt, noem je een **vertraagde beweging**.

Met de gegevens uit de tekening kun je een grafiek van deze beweging tekenen. Je krijgt dan een kromme lijn die steeds minder steil omhoog loopt (afbeelding 12). Aan zo'n kromme lijn kun je het afstand-tijd-diagram van een vertraagde beweging herkennen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Snelheden schatten

Als je een wielrenner voorbij ziet komen, kun je proberen zijn snelheid te schatten. Dan vergelijk je de snelheid van de wielrenner met andere snelheden die je al kent.

De snelheden die je al kent, vormen samen je referentiekader. Je weet bijvoorbeeld: een mens loopt 5 km/h, op de fiets ga je 20 km/h, een brommer rijdt 40 km/h en een auto in de stad 50 km/h en op een snelweg 130 km/h.
Als snelheden veel groter worden dan 130 km/h, hebben de meeste mensen geen goed referentiekader meer. Waarmee zouden ze de geluidssnelheid (1235 km/h in lucht) of de lichtsnelheid (300 000 km/s – let op: geen km/h!) moeten vergelijken? Een straaljagerpiloot heeft wel een goed referentiekader voor de geluidssnelheid. Dat kun je zien in tabel 2.

▼ **tabel** 2 een referentiekader voor snelheden

beweging van...	snelheid
een slak	5 m/h
een wandelaar	6 km/h
een zwemmer op de 50 m	7 km/h
een marathonloper	20 km/h
een 100-meterloper	36 km/h
een schaatser op de 500 m	50 km/h
een jachtluipaard	115 km/h
een auto op de snelweg	120 km/h
een verkeersvliegtuig	900 km/h
geluidssnelheid in lucht	1200 km/h
een F16 op topsnelheid	2400 km/h
de lichtsnelheid in lucht	300 000 km/s

4 Remmen en botsen

In het verkeer moet je altijd rekening houden met de weggebruikers om je heen. Als het nodig is, moet je op tijd kunnen stoppen – ook als de weg glad is.

De remweg Proef 4

Als het rempedaal van een auto wordt ingetrapt, neemt de snelheid af. Tijdens het remmen legt de auto nog wel een bepaalde afstand af. Deze afstand wordt de **remweg** genoemd. Hoe langer de remweg, hoe groter de kans is op een ongeluk.

Hoe lang de remweg is, hangt af van:

1 *De beginsnelheid*
De **beginsnelheid** is de snelheid op het moment dat de auto begint te remmen. Hoe groter de beginsnelheid, hoe langer de remweg.

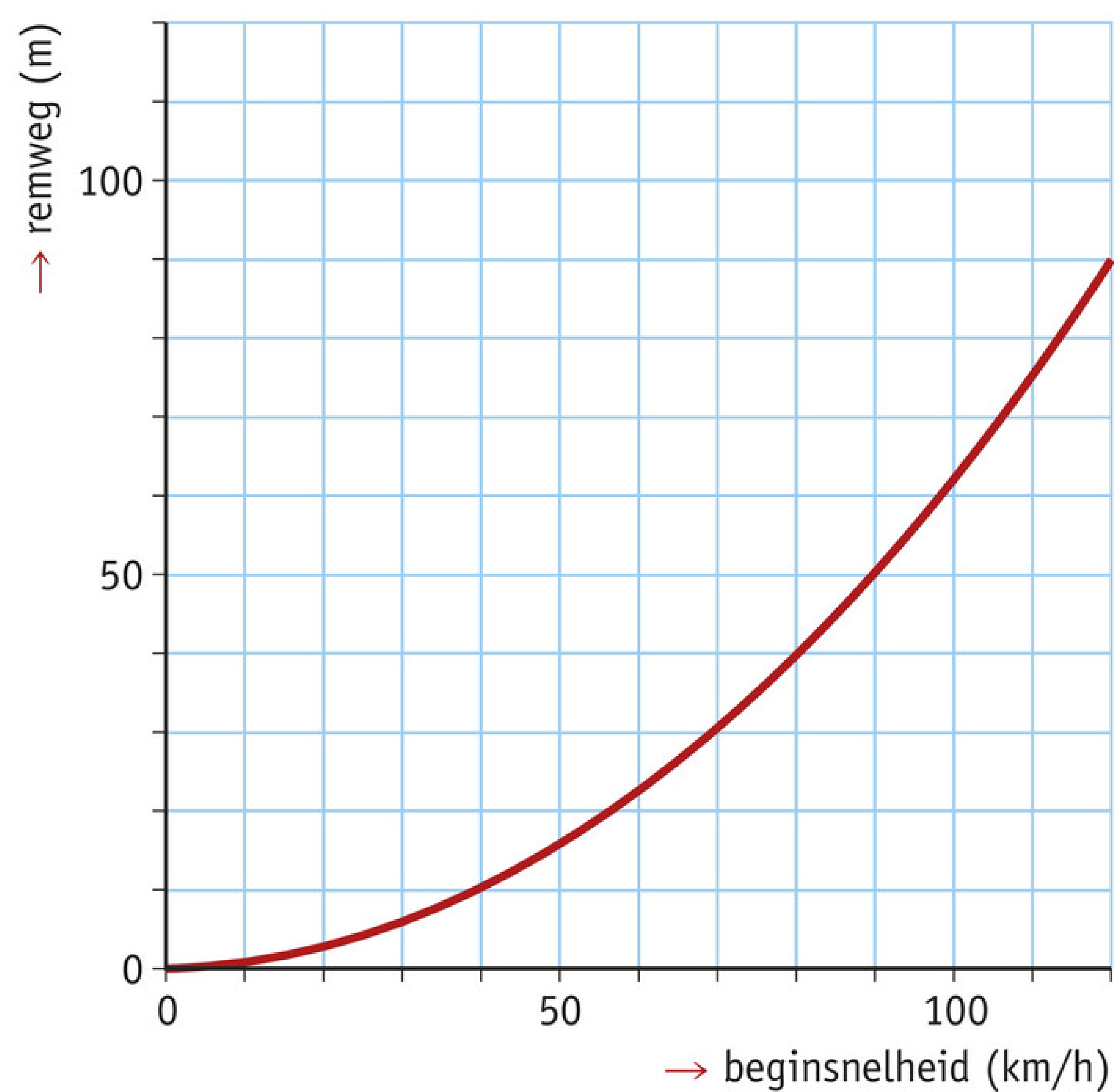
2 *De totale massa van de auto*
Hoe groter de massa van een auto, hoe langer de remweg. Een volgeladen vrachtwagen heeft een langere remweg dan een lege.

3 *De remkracht*
Hoe dieper je het rempedaal intrapt, hoe groter de remkracht wordt en hoe korter de remweg. Maar je moet de rem niet zo diep intrappen dat de auto gaat slippen.

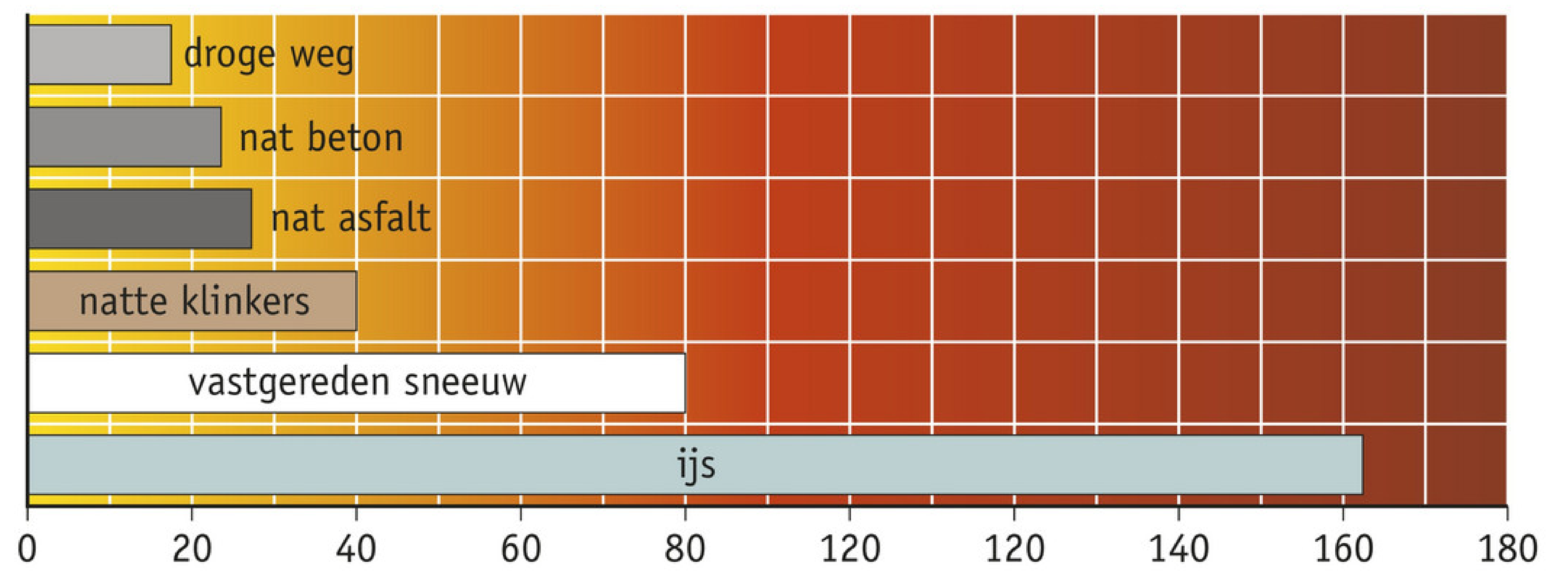
De beginsnelheid en de remweg

In afbeelding 13 kun je zien hoe lang de remweg is bij verschillende beginsnelheden. De gegevens in de grafiek zijn afkomstig van remproeven. Bij deze proeven is steeds dezelfde auto gebruikt. Ook is steeds even hard geremd. Alleen de beginsnelheid was elke keer anders.

Bij 71 km/h is de remweg twee keer zo lang als bij 50 km/h.
Bij 87 km/h is de remweg al drie keer zo lang en bij 100 km/h vier keer zo lang. Je ziet dat de remweg snel toeneemt, als het gaspedaal iets verder wordt ingedrukt. Daarom is het belangrijk dat automobilisten een veilige snelheid aanhouden.



▲ **afbeelding 13**
het verband tussen de (begin)snelheid en de remweg



▲ **afbeelding 14**
Het wegdek en het weer hebben invloed op de remkracht en dus ook op de remweg. De snelheid van de auto is steeds 50 km/h.



▲ **afbeelding 15**
Met iemand achterop is de massa groter en de remweg langer.

De grafiek in afbeelding 13 geldt voor normale omstandigheden: goede remmen en banden, een normaal wegdek en droog weer. Een bestuurder kan minder hard remmen als de remmen versleten zijn of als het wegdek glad is door sneeuw of ijzel. De remweg wordt dan langer omdat de banden minder grip op de weg hebben. Dat zie je in afbeelding 14.

De massa en de remweg

Behalve de (begin)snelheid heeft ook de massa invloed op de remweg. Hoe zwaarder een auto of een fiets beladen is, hoe langer de remweg wordt. Dat merk je bijvoorbeeld als je iemand meeneemt achterop je fiets. Ook al rem je even hard als anders, met iemand achterop duurt het langer voor je stilstaat (afbeelding 15).

Veel mensen gaan zomers met een zwaar beladen auto op vakantie. De remweg van hun auto is dan langer dan ze gewend zijn. Als het goed is, houden ze daar ook rekening mee. Bijvoorbeeld door wat langzamer te rijden, vooral als het verkeer druk is. Zo kunnen ze de remweg, die anders te lang zou worden, terugbrengen tot een veilige waarde.

Met een zwaar beladen auto moet je op de snelweg ook meer afstand houden. Als er dan onverwacht iets gebeurt, zul je minder snel tegen je voorligger aanrijden. Meer afstand houden is ook een goed idee als het regent of sneeuwt. Zo verklein je de kans op een ongeluk.

De reactietijd en reactieafstand Proef 5 en 6

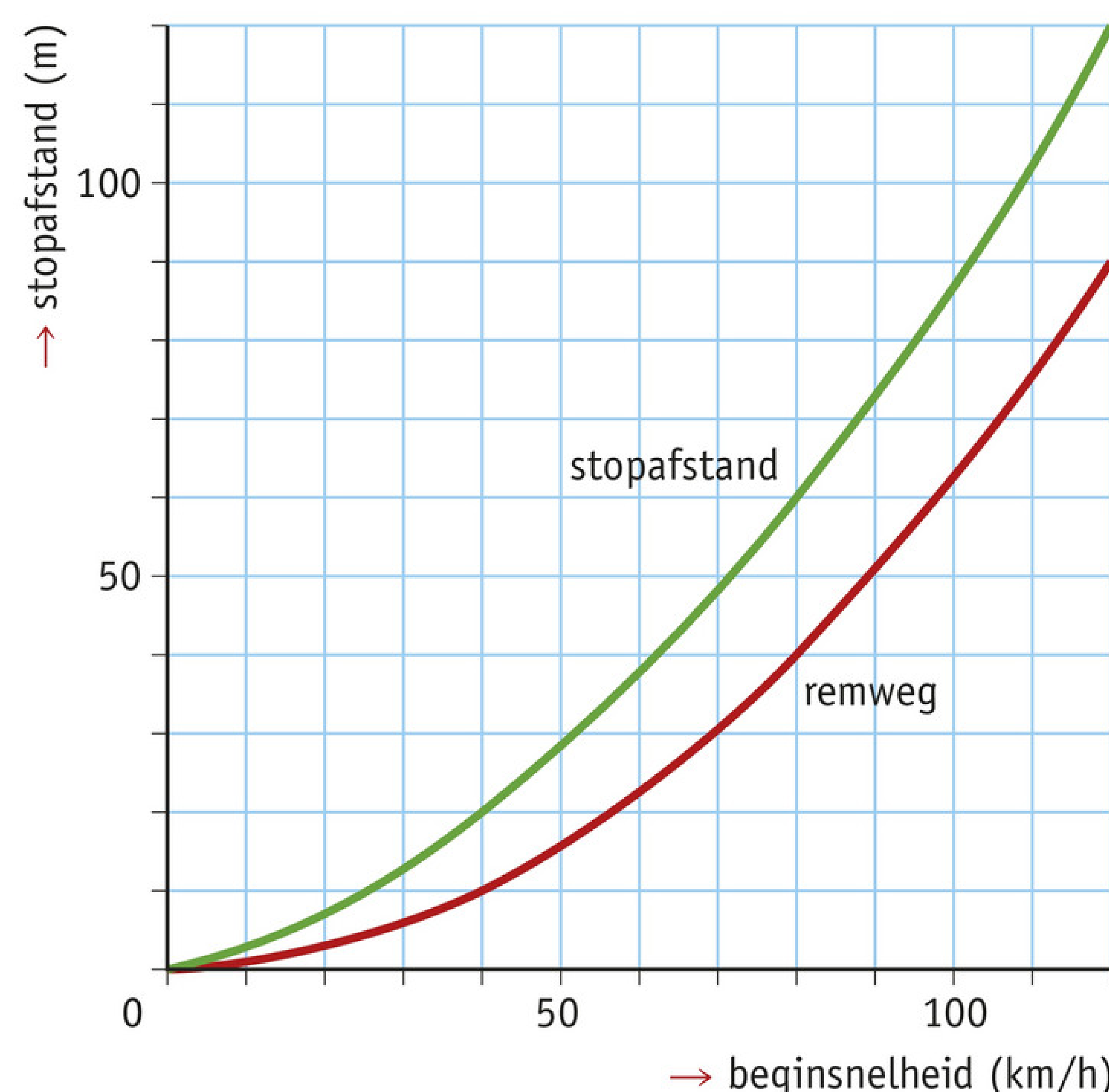
Als voor een auto plotseling een kind de weg oprent, zal de bestuurder afremmen. Maar de bestuurder kan niet meteen reageren, als hij het kind ziet: het duurt altijd even voor het rempedaal is ingetrapt. De tijd tussen zien en reageren wordt de **reactietijd** genoemd.

De reactietijd ligt normaal gesproken tussen de 0,7 en 1,0 s. Maar als je niet oplet of vermoeid bent, reageer je een stuk langzamer. Het gebruik van alcohol, drugs en sommige medicijnen maakt de reactietijd ook langer.
Totdat het rempedaal wordt ingetrapt beweegt de auto eenparig verder en zal dus een bepaalde afstand afleggen. Deze afstand wordt **reactie-afstand** genoemd. De reactie-afstand is de afstand die wordt afgelegd gedurende de reactietijd. Omdat de beweging eenparig is kun je de reactie-afstand uitrekenen met de formules uit paragraaf 2.

De totale afstand die een auto nodig heeft om te stoppen, is groter dan de remweg. Je moet de reactie-afstand ook meerekenen.
Met andere woorden:

stopafstand = reactie-afstand + remweg

In afbeelding 16 zie je hoe groot de stopafstand is bij verschillende beginsnelheden. Daarbij is uitgegaan van een reactietijd van 1,0 s.



▶ **afbeelding 16**
het verband tussen snelheid en stopafstand

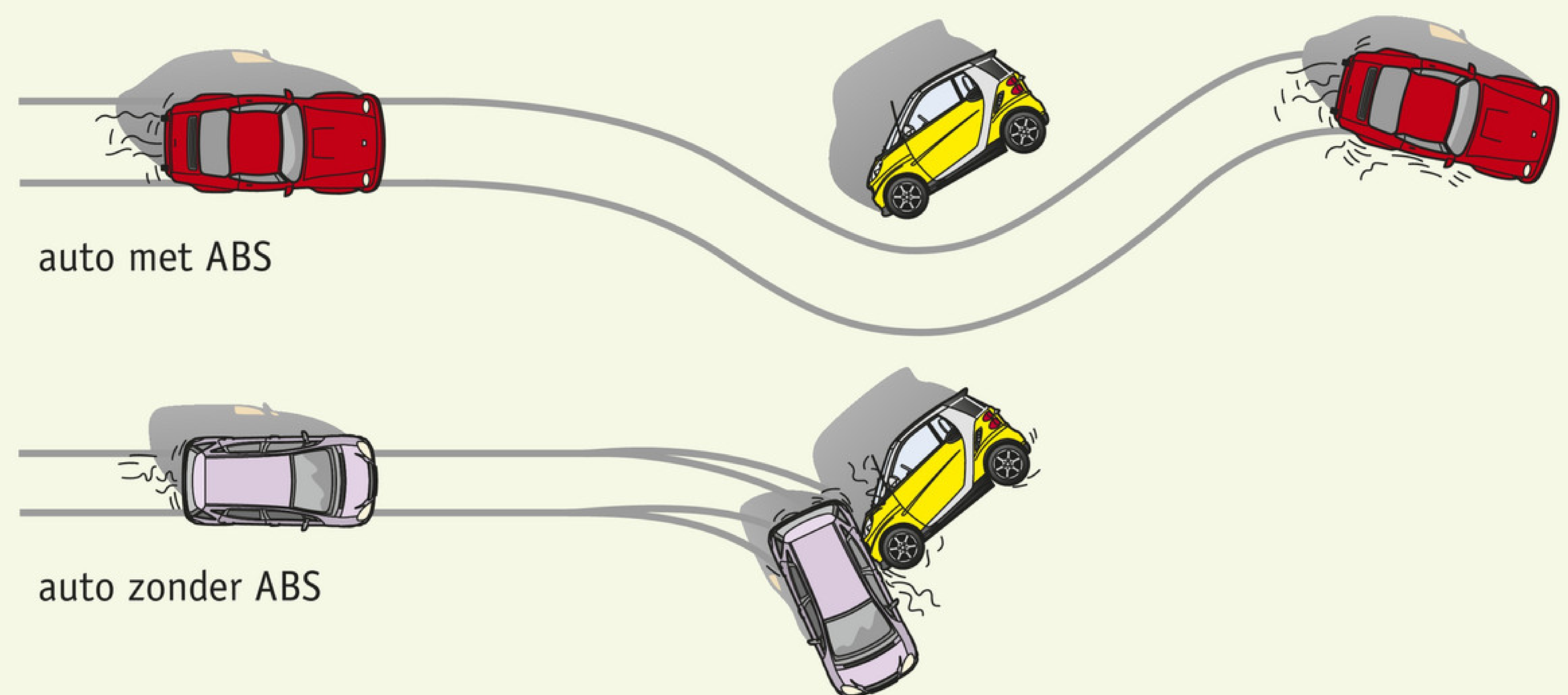
WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus ABS

Een automobilist die een noodstop moet maken, trapt vaak vol op de rem. Dat is begrijpelijk, maar je kunt het beter niet doen: door het harde remmen blokkeren de wielen en wordt de auto onbestuurbaar. Je kunt auto's en andere obstakels dan niet meer ontwijken.

Auto's met een Anti-Blokkeer-Systeem (ABS) hebben dit probleem niet. De sensoren van het ABS waarschuwen als de wielen te langzaam draaien. Het ABS laat de druk in het remsysteem dan wegvallen. De wielen kunnen nu weer vrij draaien en houden zo grip op de weg.

De remdruk wordt daarna weer opgebouwd, tot de wielen opnieuw dreigen te blokkeren. Dit kan een aantal keren na elkaar gebeuren. Je voelt de auto 'pompend remmen': de remmen worden telkens aangetrokken en vlak voor het blokkeren weer losgelaten.



▲ **afbeelding 17**
een noodstop met (boven) en zonder ABS (onder)

5 Extra: Schaatsen

De topschaatsers van honderd jaar geleden konden lang niet zo snel schaatsen als de toppers van nu. Wat is er in die honderd jaren allemaal veranderd?

De training

Vroeger waren de topschaatsers mannen en vrouwen die gewoon snel konden schaatsen. Ze hadden een normale baan en trainden in hun vrije tijd. De begeleiding stelde vergeleken met nu weinig voor. Tegenwoordig zijn schaatsers topsporters. Ze zijn lid van commerciële schaatsploegen en kunnen net zo veel trainen als nodig is. De prestaties zijn daardoor sterk vooruitgegaan. Dat is logisch: als je veel traint, wordt je spierkracht groter. Je kunt meer kracht uitoefenen op het ijs, zodat je sneller vooruitkomt.

Bewegingswetenschappers doen al jaren onderzoek naar verschillende trainingsmethodes. Dankzij dat onderzoek kunnen sporters steeds beter begeleid worden. Elke sporter krijgt een eigen trainingsprogramma, helemaal op maat. Hierdoor zijn de trainingen veel effectiever geworden.

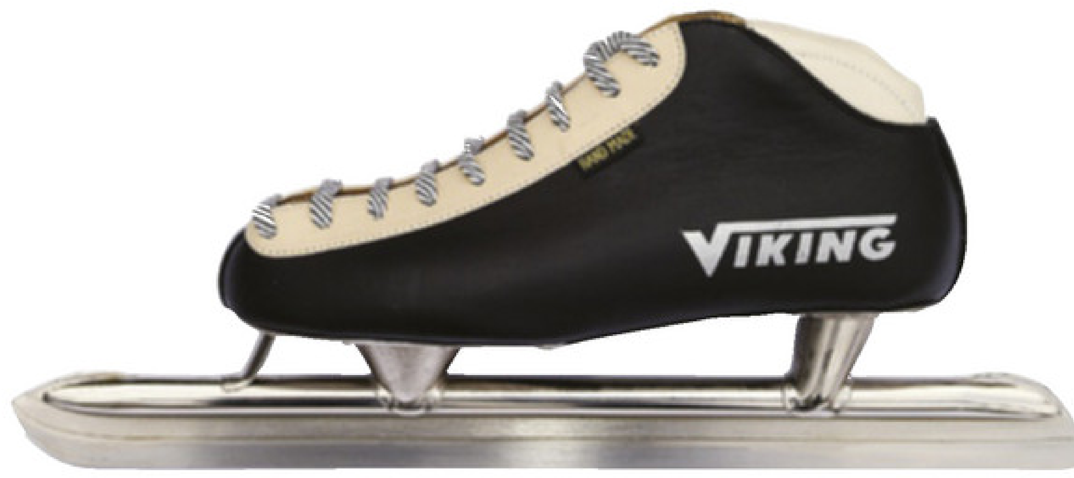


▲ **afbeelding 18**
de Jaap Eden IJsbaan in Amsterdam: de derde kunstijsbaan ter wereld en de eerste van Nederland

De omstandigheden

Tot 1959 werden de Europese kampioenschappen en wereldkampioenschappen op natuurijs verreden. Dat gebeurde meestal in één van de Scandinavische landen. Nederlandse kampioenschappen werden alleen gehouden als er 's winters ijs lag. Vanaf 1947 trainde het Nederlandse team (toen alleen nog de mannen) 's winters een aantal weken in Noorwegen.

Door steeds betere koeltechnieken werd het op een gegeven moment mogelijk om kunstijsbanen te bouwen. In 1961 kreeg Nederland zijn eerste wedstrijdbaan op kunstijs: de Jaap Eden IJsbaan in Amsterdam (afbeelding 18). Dit was een grote stap vooruit, vooral omdat er nu veel regelmatiger getraind kon worden. In het begin lagen kunstijsbanen in de open lucht. De schaatsers draaiden hun rondjes in weer en wind. In 1986 werd de eerste overdekte wedstrijdbaan gebouwd. Daarop hadden de schaatsers geen last meer van wind en sneeuw. Uiteraard gingen ze sneller dan ooit tevoren.



▲ **afbeelding 19a**
een gewone schaats



▲ **afbeelding 19b**
een klapschaats

De schaats

Tientallen jaren reden alle topschaatsers op noren (afbeelding 19a). Een noor bestaat uit een schoen waaraan een extra lang ijzer is vastgemaakt. Op noren kan veel sneller geschaatst worden dan op ouderwetse houten schaatsen, zoals de Friese doorloper.

In de jaren tachtig van de vorige eeuw bedachten twee wetenschappers van de Vrije Universiteit een nieuw soort schaats (afbeelding 19b). Eén van hen kwam op het idee om de hak los te maken van de schaats, de ander maakte een proefmodel. De schaatsfabrikant Viking maakte een aantal exemplaren van deze klapschaats, maar de schaatstop zag er weinig in.

Veertien jaar later herontdekten twee schaatstrainers de klapschaats. Zij gingen met een aantal talenten aan de slag. Het resultaat was indrukwekkend: de groep brak het ene record na het andere. Zo ontdekte ook de rest van de wereld de voordelen van de klapschaats. Sinds 1996 rijdt iedereen op klapschaatsen en kun je op gewone noren niet meer meekomen. Een goed getrainde schaatser kan op klapschaatsen 3 tot 5% sneller schaatsen dan op gewone noren. Dit komt neer op ongeveer een seconde tijdwinst per ronde.

De kleding

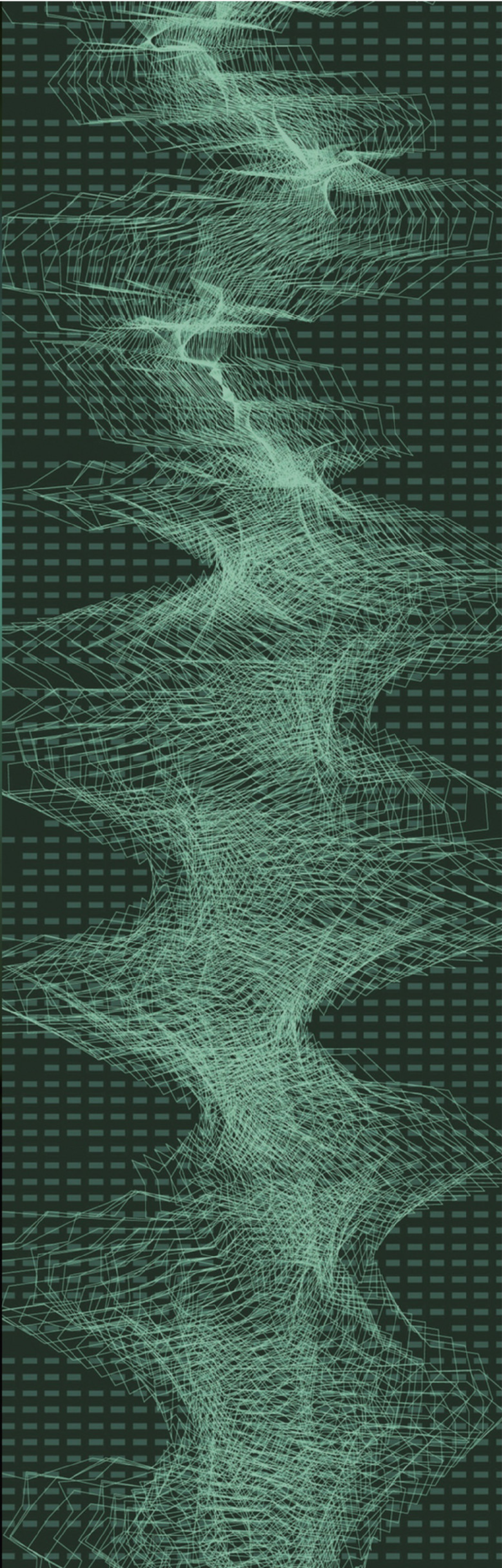
Niet alleen de schaatsen zijn sneller geworden, ook de schaatskleding is sterk verbeterd. Vroeger moesten schaatspakken vooral warm zijn, omdat er buiten werd geschaatst. Tegenwoordig is het veel belangrijker dat schaatspakken weinig luchtweerstand hebben. De schaatskleding van nu wordt daarom getest in windtunnels (afbeelding 20).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



▶ **afbeelding 20**
een test van een schaatspak in een windtunnel





7 Geluid

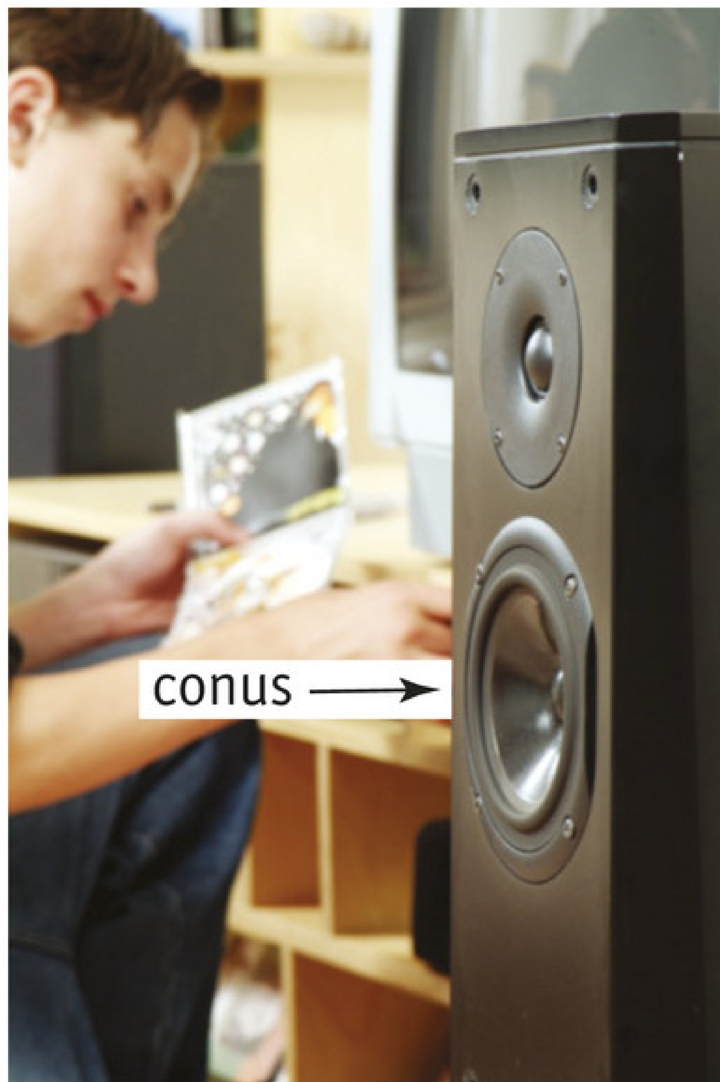
Geluid om je heen

De wereld is vol met geluiden. Denk maar aan muziek en leuke gesprekken of het geluid van de wind en de zee. Maar er zijn ook vervelende geluiden, zoals de herrie van langsrazende auto's, opstijgende vliegtuigen en luidruchtige buren.

Basisstof

Extra

1 Geluid maken en horen



▲ **afbeelding 1**
In deze geluidsbox zijn twee luidsprekers ingebouwd.

In de natuur kun je allerlei geluiden horen, bijvoorbeeld het rommelen van de donder, het ruisen van de zee en het fluiten van vogels. Ook mensen veroorzaken geluid. Ze praten, zingen, schreeuwen, maken muziek, rijden in auto's, steken vuurwerk af enzovoort.

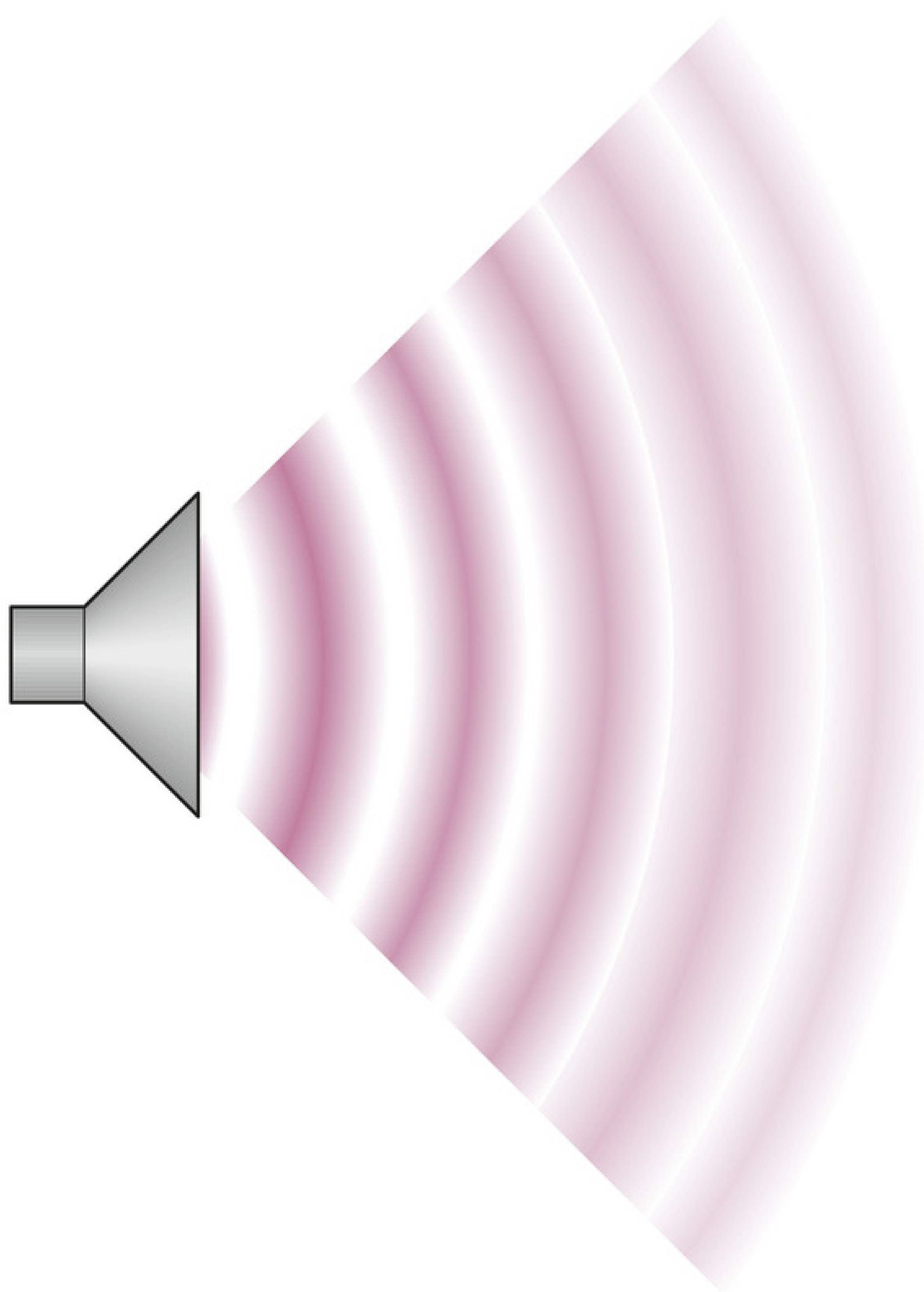
Geluidsbronnen Proef 1

Een voorwerp dat geluid maakt, noem je een **geluidsbron**. Veel geluidsbronnen zijn door mensen gemaakt, bijvoorbeeld muziekinstrumenten, machines, motoren en luidsprekers (afbeelding 1).

Geluid ontstaat als een geluidsbron **trillingen** veroorzaakt.
- Bij je stem zijn het de stembanden die trillen.
- Bij een luidspreker is het de conus die trilt.
- Bij een gitaar zijn het de snaren die trillen.

Van de geluidsbron naar je oren Proef 2 en 3

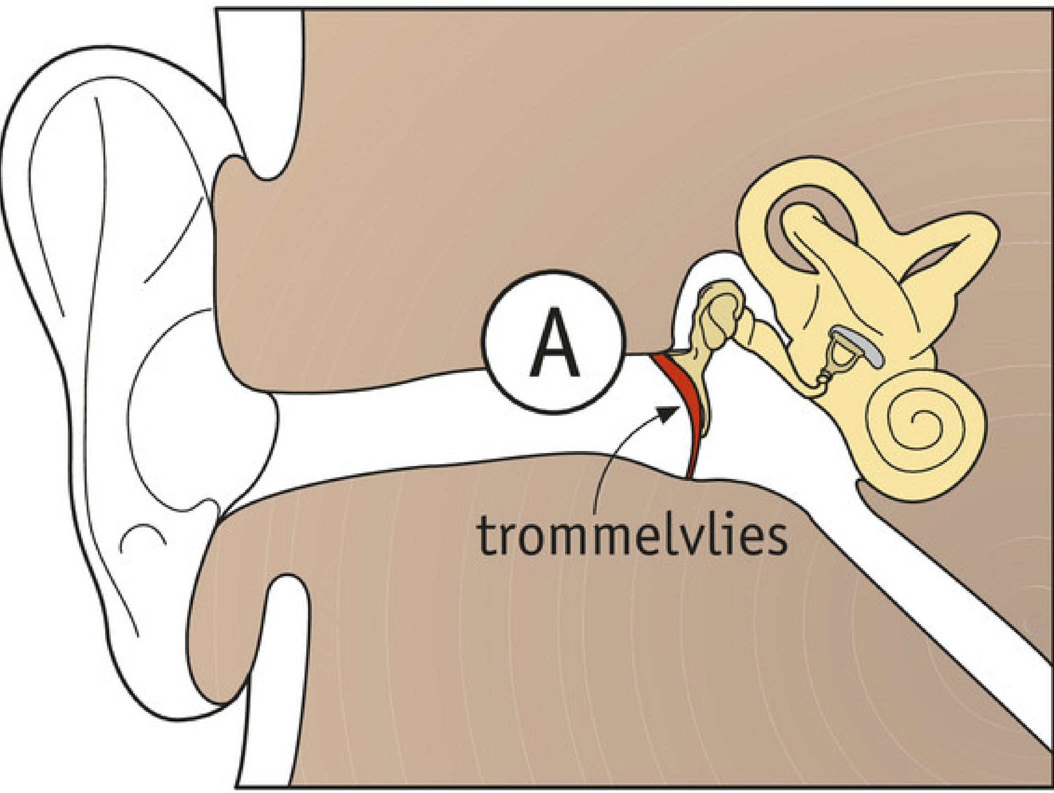
In afbeelding 2 is getekend hoe het geluid van een luidspreker zich verspreidt. De conus van de luidspreker beweegt snel heen en weer. Als de conus naar buiten gaat, wordt de lucht rond de conus een klein beetje samengeperst. Als de conus naar binnen gaat, wordt de lucht iets 'verdund'. Daardoor verandert de luchtdruk steeds een klein beetje en gaat de lucht in alle richtingen trillen.



▲ **afbeelding 2**
Een luidspreker veroorzaakt trillingen in de lucht.

Je kunt een geluid alleen horen als er een **tussenstof** is: een stof waardoor de trillingen zich kunnen verplaatsen van de geluidsbron naar je oren. Meestal is lucht de tussenstof. Maar geluid kan zich ook verplaatsen door een vloeistof of een vaste stof. Het geluid van je stem hoor je bijvoorbeeld niet alleen 'buitenom' (via de lucht), maar ook 'binnendoor' (via de botten van je schedel).

Geluid heeft tijd nodig om zich door een stof te verplaatsen. Je merkt dit bijvoorbeeld als het onweert. Het licht van de bliksem gaat veel sneller dan het geluid. Daardoor hoor je de donder pas als je de bliksem al gezien hebt. Hoe snel het geluid zich verplaatst, verschilt van stof tot stof. De **geluidssnelheid** in lucht is ongeveer 340 meter per seconde (≈ 1225 km/h).



▲ **afbeelding 3**
het inwendige van je oor

Geluid horen

In afbeelding 3 is het binnenste van een oor getekend. Als geluidstrillingen het oor bereiken, gaat het trommelvlies ook trillen.

– Het trommelvlies beweegt naar buiten als de luchtdruk bij A lager wordt.
– Het trommelvlies beweegt naar binnen als de luchtdruk bij A hoger wordt.

Op die manier trilt het trommelvlies mee met de trillingen in de lucht. Zintuigcellen nemen deze beweging waar en geven dat door aan de hersenen.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Geluidssnelheid in andere stoffen

Geluid verplaatst zich in lucht met een snelheid van ongeveer 340 meter per seconde. In andere stoffen is de geluidssnelheid vaak veel groter. Geluid beweegt bijvoorbeeld wel 4,5 keer zo snel in water als in lucht. In tabel 1 zie je hoe groot de geluidssnelheid is in verschillende stoffen.

▼ **tabel 1** de geluidssnelheid in verschillende stoffen

stofnaam	geluidssnelheid (m/s)
baksteen	3500
helium	965
koper	2250
lucht	340
water	1500

De geluidssnelheid in lucht is 340 meter per seconde. Dat betekent dat geluid in drie seconden iets meer dan een kilometer aflegt (3×340 m = 1020 m). Daardoor kun je snel uitrekenen hoe ver een onweersbui nog bij je vandaan is. Op het moment dat je een bliksemflits ziet, begin je de seconden te tellen. Je stopt als je de donder hoort. Deel het aantal getelde seconden door drie en je weet hoeveel kilometer het onweer bij jou vandaan is (afbeelding 4).



▶ **afbeelding 4**
Het geluid van de donder komt nu met een snelheid van 340 m/s naar je toe.

2 Toonhoogte en frequentie

Als je een geluid moet omschrijven, zeg je vaak iets over de toonhoogte. Je zegt bijvoorbeeld dat een apparaat piept als het een hoge toon maakt. Of dat het bromt als het een lage toon maakt. De meeste mensen kunnen een melodie – een serie hogere en lagere tonen na elkaar – zonder moeite nazingen.



▲ **afbeelding 5**
Korte snaren geven hoge tonen, lange snaren geven lage tonen.

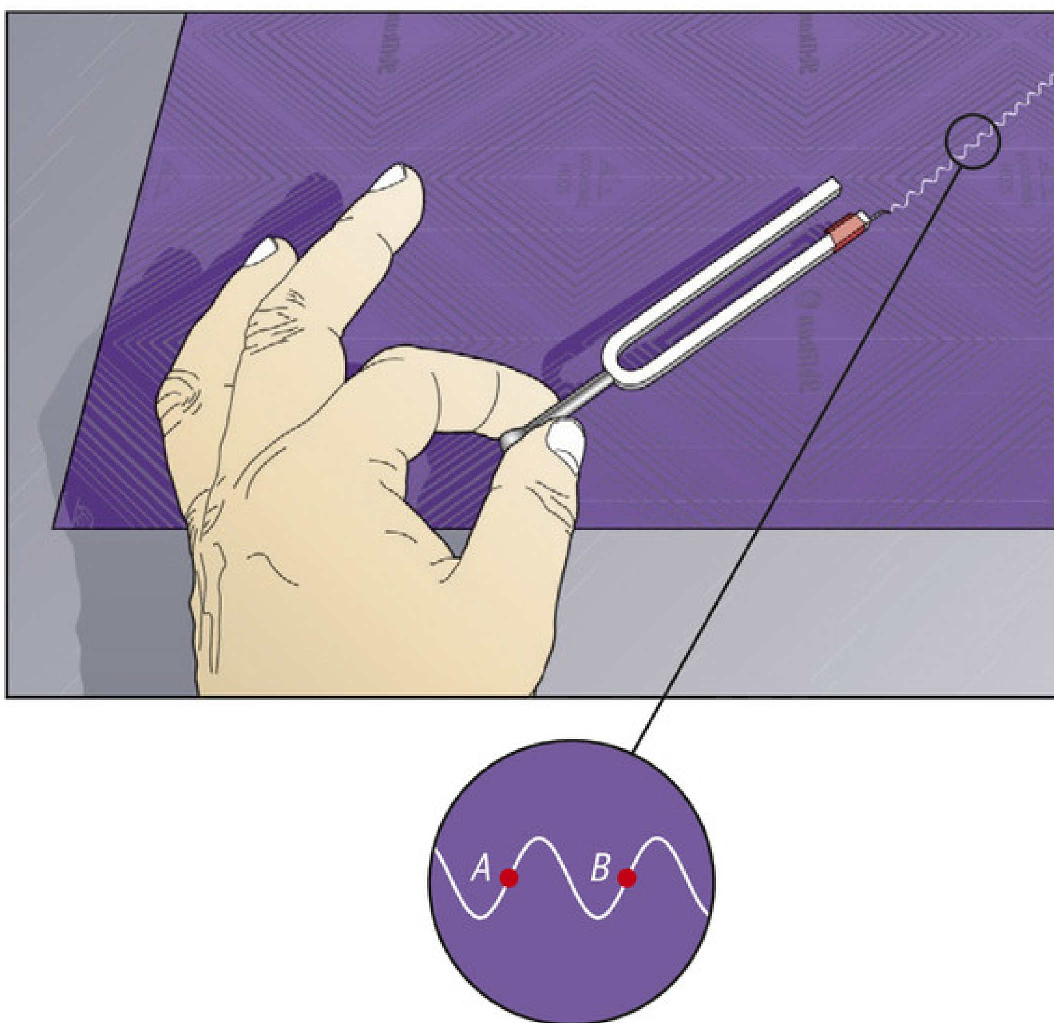
Snaarinstrumenten Proef 4

In allerlei muziekinstrumenten worden snaren gebruikt. Een viool heeft bijvoorbeeld vier snaren, een gitaar heeft er zes en een piano heeft er meer dan tweehonderd. Als je zo'n snaar in trilling brengt, geeft hij een toon: een geluid met een bepaalde toonhoogte.

De hoogte van die toon hangt af van drie dingen.

- Hoe **dik** de snaar is.
  Hoe dikker de snaar, hoe lager de toon.
- Hoe **lang** de snaar is (afbeelding 5).
  Hoe langer de snaar, hoe lager de toon.
- Hoe **strak** de snaar is gespannen.
  Hoe lager de spanning, hoe lager de toon.

Een snaarinstrument moet worden **gestemd** De snaren krijgen dan de juiste spanning, zodat ze precies de goede toon geven. Om die toon te bepalen wordt vaak een **stemvork** gebruikt.



▲ **afbeelding 6**
Zo kun je de trilling van een stemvork zichtbaar maken.

Frequentie Proef 5

Als je een stemvork aanslaat, beginnen de benen van de stemvork te trillen. Ze bewegen elke seconde steeds even vaak heen en weer.

Je kunt deze beweging onderzoeken met een stemvork waar een haakje aan bevestigd is. Sla de stemvork aan en trek het haakje over een carbonpapiertje. Je ziet dan een golfspoor ontstaan (afbeelding 6).

Het aantal trillingen per seconde noem je de **frequentie** van de trilling. De frequentie wordt gemeten in hertz (Hz). Als de frequentie 128 Hz is, bewegen de benen van de stemvork 128 keer per seconde heen en weer.

Hoe hoger de frequentie, des te hoger is de toon die je hoort. Een stemvork van 440 Hz geeft een hogere toon dan een stemvork van 128 Hz.

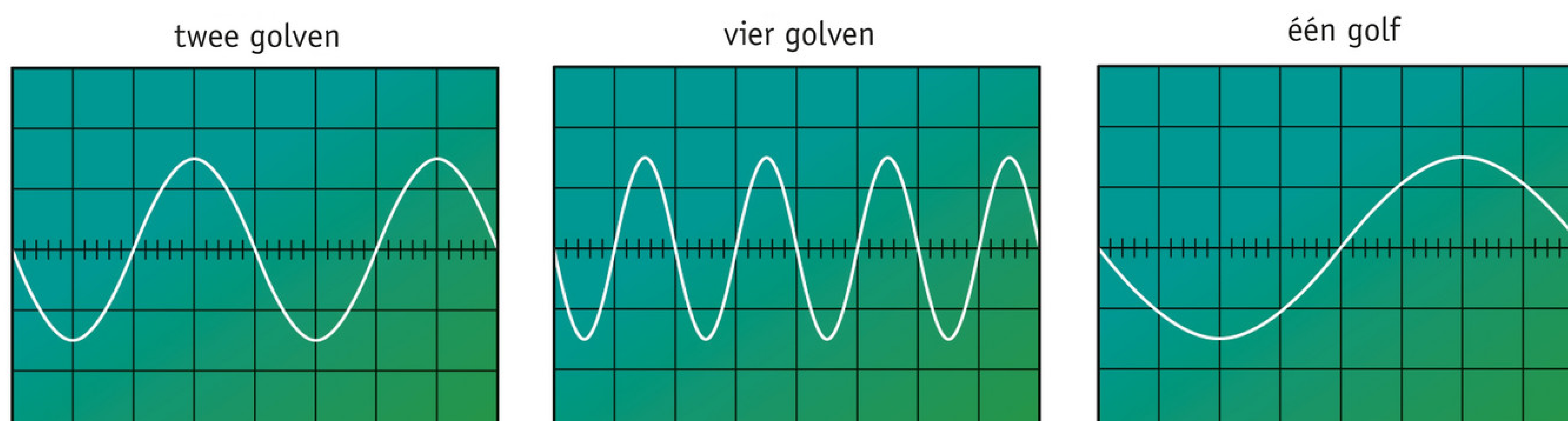
De oscilloscoop

Met de opstelling van afbeelding 7 kun je geluidstrillingen onderzoeken. De **microfoon** 'vertaalt' de geluidstrillingen in elektrische trillingen. De **oscilloscoop** geeft deze trillingen vervolgens op het scherm weer.

▶ **afbeelding 7**
het golfspoor van een stemvork op een oscilloscoop



In afbeelding 8 zie je hoe een oscilloscoop drie verschillende tonen afbeeldt. De oscilloscoop is zo afgesteld, dat je steeds het aantal trillingen in 0,01 s te zien krijgt.
De toon op het middelste scherm heeft de meeste trillingen. Dat betekent dat die toon ook de meeste trillingen per seconde heeft, en dus de hoogste frequentie.

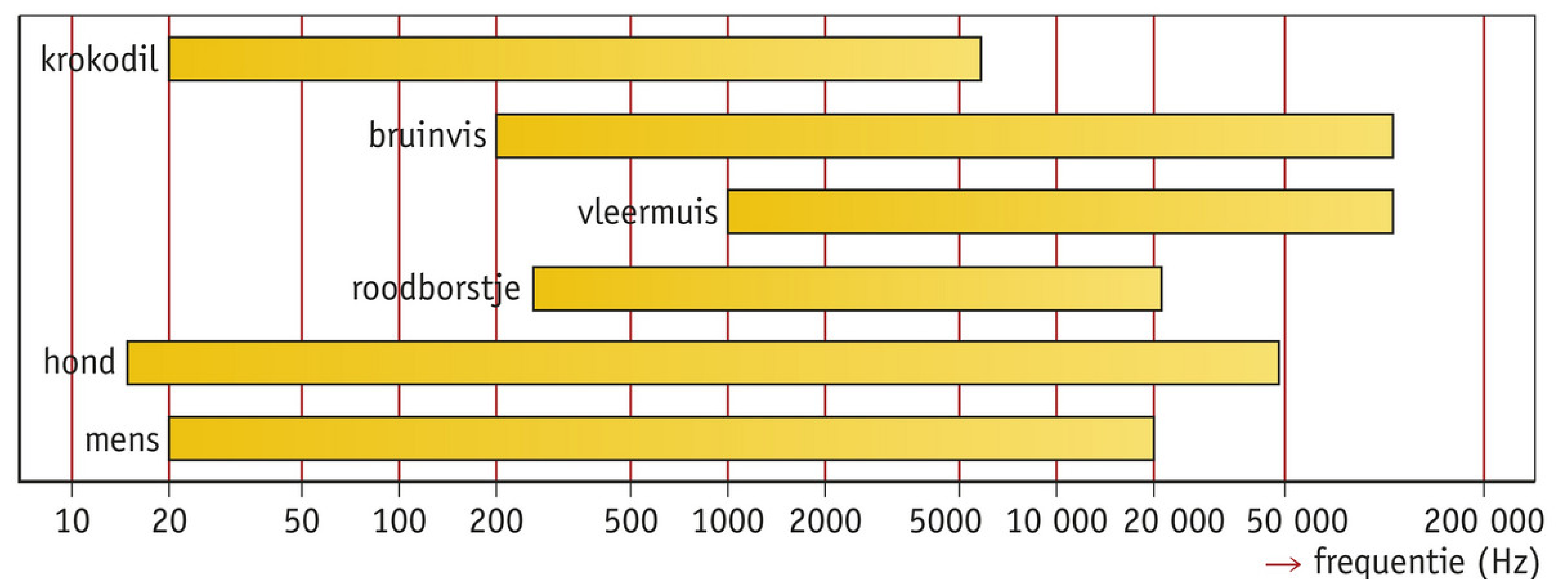


▲ **afbeelding 8**
Drie verschillende tonen. De breedte van het scherm is steeds 0,01 s.

Het frequentiebereik van je gehoor

Geluid met een heel hoge of een heel lage frequentie kun je niet horen. Jonge mensen kunnen meestal tonen tussen 20 en 20 000 Hz horen. Je zegt dat deze tonen binnen het **frequentiebereik** van je gehoor liggen (afbeelding 9). Dieren hebben vaak een ander frequentiebereik. Honden horen bijvoorbeeld hogere tonen dan mensen.

Als je ouder wordt, verandert het frequentiebereik van je gehoor. Vooral hoge tonen kun je dan minder goed horen.



▶ **afbeelding 9**
het frequentiebereik van het gehoor van de mens en enkele dieren

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Ultrasoon geluid



▲ **afbeelding 10**
Een vleermuis jaagt met geluid.

Mensen kunnen geluid met een hogere frequentie dan 20 000 Hz niet horen. Dat geluid noem je **ultrasoon** geluid. Veel dieren kunnen het wel horen. Honden horen een fluittoon van 35 000 Hz bijvoorbeeld zonder moeite.

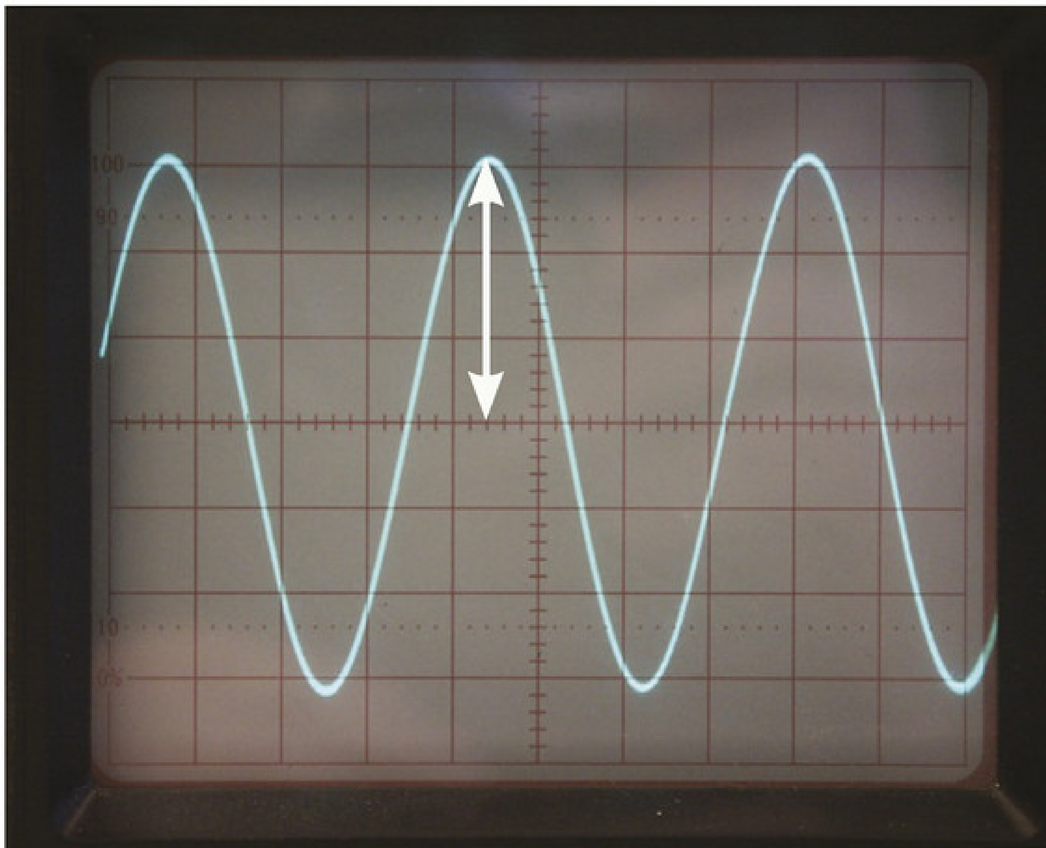
Vleermuizen en dolfijnen maken regelmatig ultrasone geluiden (afbeelding 10). Door te luisteren naar de echo's van deze geluiden kunnen ze hun omgeving waarnemen. Vleermuizen kunnen daardoor in het donker heel goed insecten opsporen.

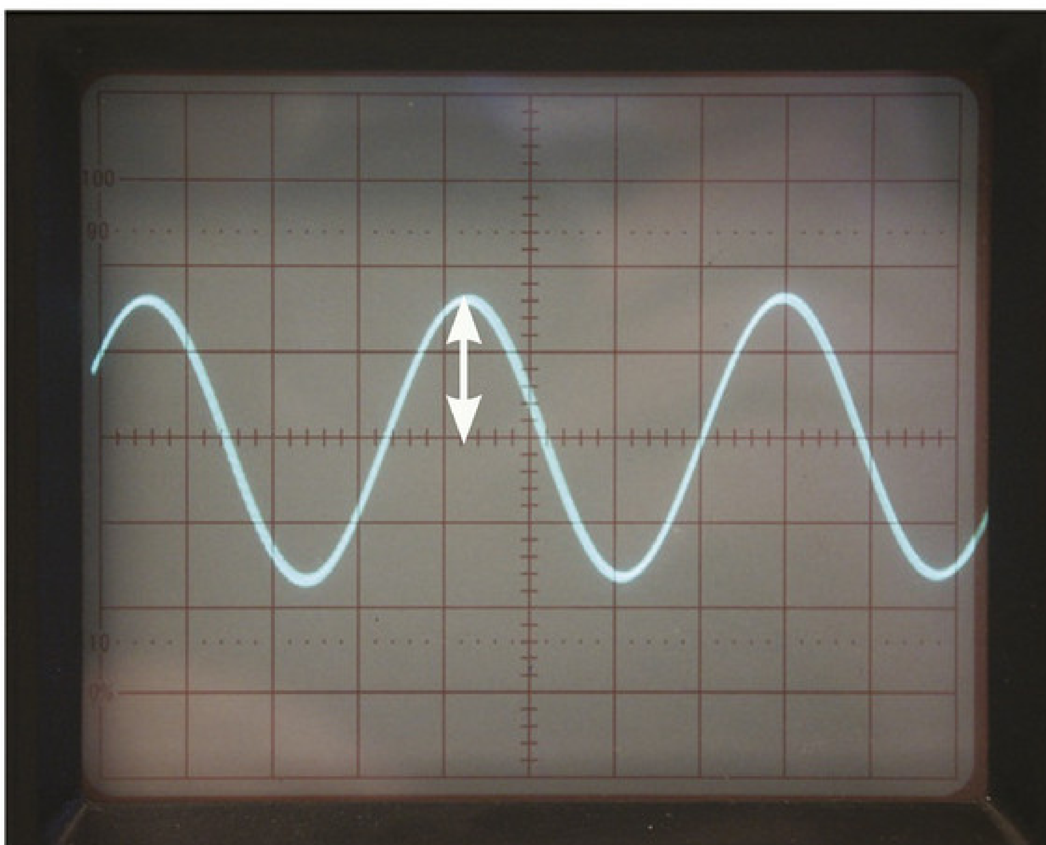


▲ **afbeelding 11**
een batdetector

Om de ultrasone geluiden van vleermuizen toch te kunnen horen, maken biologen gebruik van **batdetectors** of vleermuisontvangers (afbeelding 11). Deze apparaten maken het hoge geluid van de vleermuizen hoorbaar voor het menselijk oor. Dat doen ze door de frequentie van het geluid 16 × zo klein te maken. Als de vleermuis een toon uitstoot van 80 000 Hz, dan maakt de batdetector daar een toon van 5000 Hz van.

3 Geluidssterkte





▲ **afbeelding 12**
Hoe groter de amplitude, des te harder het geluid.

Heel harde geluiden hoor je niet alleen, je voelt ze soms ook. Het geluid in een disco of bij een popconcert staat soms zo hard dat vooral de lage tonen doordreunen tot in je maag.

De amplitude van een trilling

Hoe harder je een stemvork aanslaat, hoe heviger zullen de benen gaan trillen. De drukverschillen in de omringende lucht worden dan ook groter. Daardoor klinkt het geluid harder.

Je kunt die drukverschillen onderzoeken met een oscilloscoop. Bekijk in afbeelding 12 de afstand tussen het midden van de trillingen en hun uiterste stand. Dat noem je de **amplitude** van de trillingen: de afstand tussen het midden en de uiterste stand.

De amplitude van een hard geluid is groter dan de amplitude van een zacht geluid. Als het geluid is weggestorven, is de amplitude nul geworden.

De decibelschaal

De sterkte van geluid kun je meten in **decibel**. Dit kort je af als dB. Het apparaat waarmee je de geluidssterkte meet, wordt een **decibelmeter** genoemd (afbeelding 13).

De geluidssterkte wordt meestal aangegeven in **decibel(A)**. Dit kort je af als dB(A). De (A) geeft aan dat er bij de meting rekening is gehouden met het menselijk gehoor. Hoge en lage tonen hoor je namelijk minder goed en daar houdt de dB(A)-schaal rekening mee.



▶ **afbeelding 13**
een decibelmeter



▲ **afbeelding 14**
De politie controleert de geluidssterkte.

In tabel 2 zie je hoe groot de **geluidssterkte** in verschillende situaties is.

Met een decibelmeter kun je nagaan of een brommer niet te veel lawaai maakt (afbeelding 14). De geluidssterkte moet daarbij op een vaste afstand van de uitlaat gemeten worden. Dat is nodig omdat de geluidssterkte afhangt van de afstand tot de geluidsbron: op twintig centimeter van de uitlaat meet je een grotere geluidssterkte dan op tachtig centimeter.

Een geluidssterkte van 0 dB(A) betekent niet dat er geen geluid is. Het geluid is echter zo zwak, dat je het niet (of nauwelijks) kunt horen.

Gehoordrempel en pijngrens

Bij geluidssterkte heb je te maken met twee grenzen. De **gehoordrempel** is de geluidssterkte waarbij je het geluid net begint te horen. De **pijngrens** is de geluidssterkte waarbij je oren pijn beginnen te doen. Boven de pijngrens hoor je wel geluid, maar dit is zo hard, dat het zeer doet aan je oren.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

▼ **tabel 2** de geluidssterkte in verschillende situaties

situatie	geluidssterkte dB(A)
pijngrens	140
popconcert (heavy metal)	130
toeterende auto op twee meter	120
drilboor	110
discotheek	100
passerende trein op 25 meter	90
drukke verkeersweg	80
stofzuiger op één meter	70
een klas aan het werk	60
woonstraat overdag	50
fluisteren	40
bladgeruis	30
horloge	20
ademen	10
gehoordrempel	0

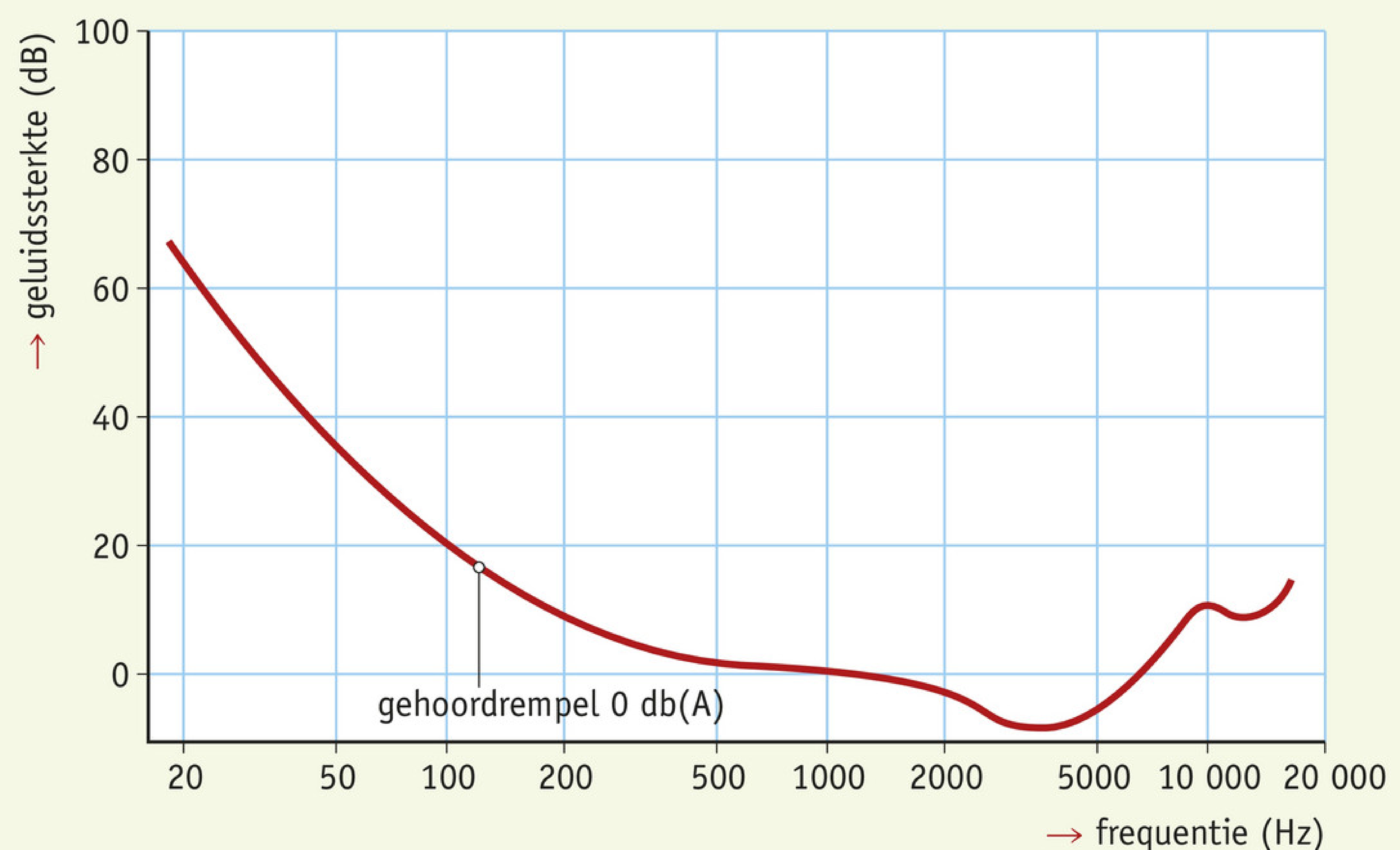
Plus De dB(A)-schaal en de dB-schaal

Lage en hoge tonen hoor je minder goed dan de tonen ertussenin. Dat kun je zien in afbeelding 15: de gehoordrempel is het laagst tussen 500 en 5000 Hz. Een geluidssterkte van circa 0 dB is dan al genoeg om de toon te kunnen horen.

Vooral bij lage tonen ligt de gehoordrempel veel hoger. Je hoort een toon van 50 Hz pas als de geluidssterkte 38 dB is. Voor een toon van 20 Hz ligt de geluidsdrempel zelfs boven de 60 dB. Deze tonen lijken dus veel minder sterk dan ze in werkelijkheid zijn.

Om daar rekening mee te houden, hebben veel decibelmeters een A-filter. Dit filter maakt de meter minder gevoelig voor lage en erg hoge frequenties. De meter kan zo de geluidssterkte meten die mensen gevoelsmatig waarnemen.

Bij tonen van 500 tot 10 000 Hz verschillen de dB(A)schaal en de dB-schaal niet van elkaar. Maar bij lage en heel hoge tonen is de geluidssterkte in dB(A) lager dan de geluidssterkte in dB.



▲ **afbeelding 15**

Je gehoor is niet voor alle frequenties even gevoelig.

4 Geluidsoverlast bestrijden

Geluid kan heel vervelend zijn. Denk aan het geluid van een druppelende kraan of van een vork die over een bord krast. Geluidsoverlast van de buren staat hoog in de top 10 van ergernissen in Nederland. Harde geluiden kunnen je gehoor ook nog eens blijvend beschadigen. Daarom worden veel maatregelen genomen om ongewenst geluid te bestrijden.

Schadelijk geluid

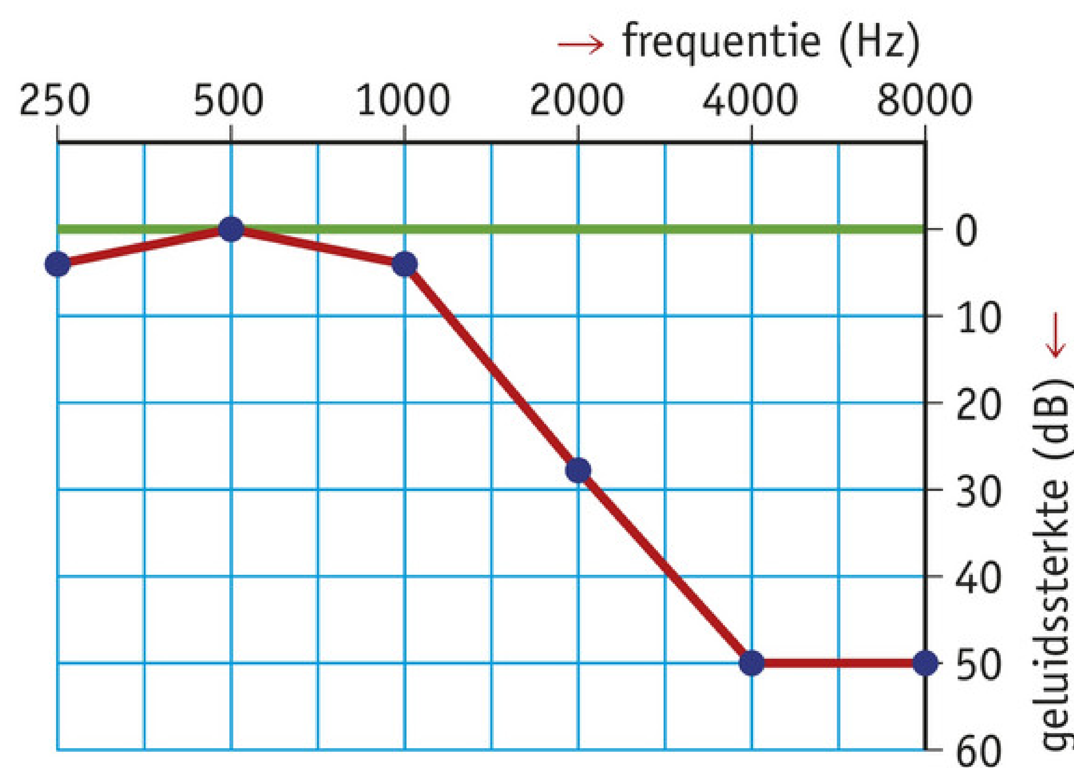
Je gehoor loopt zeker schade op als de geluidssterkte groter is dan 140 dB(A). Maar ook als je regelmatig of langdurig blootstaat aan geluid van meer dan 80 dB(A), kan je gehoor beschadigd raken.

Als een arts vermoedt dat je gehoor beschadigd is, kan hij een **audiogram** laten maken (afbeelding 16). Voor een aantal tonen wordt dan je gehoordrempel bepaald. Daarna wordt in het audiogram ingetekend hoeveel dB jouw gehoordrempel afwijkt van de normale waarde.

Als je een goed gehoor hebt, wijkt de grafiek weinig af van de nul-lijn. Als je gehoor beschadigd is, zijn de verschillen groter. In afbeelding 17 zie je het audiogram van iemand die moeite heeft met het horen van hoge tonen.



▶ **afbeelding 16**
Een audioloog maakt een audiogram.



▲ **afbeelding 17**
Dit audiogram toont een gehoorverlies voor hoge tonen.



▲ **afbeelding 18**
Ook mobiele telefoons kunnen hinderlijk geluid produceren.

Hinderlijk geluid

Geluid dat je gehoor niet beschadigt, kan nog wel hinderlijk zijn (afbeelding 18). De ene persoon ervaart bepaalde geluiden eerder als hinderlijk dan de andere. Verkeerslawaai en lawaai van buren vinden veel mensen hinderlijk.

Of je een geluid hinderlijk vindt, hangt vaak van de situatie af. Een feest bij de buren hoeft helemaal niet erg te zijn, totdat je gaat slapen en merkt dat de muziek toch behoorlijk hard staat. Als je niet oppast, doe je van ergernis geen oog meer dicht.

Door geluidsoverlast kunnen mensen ernstige slaapproblemen krijgen. Als je slaapgebrek hebt, kan dit prikkelbaarheid, concentratieverlies en oververmoeidheid veroorzaken. Daarom zijn in drukke gebieden extra maatregelen nodig om de geluidsoverlast tegen te gaan.

Maatregelen tegen geluidshinder

Auto's en andere vervoermiddelen zorgen voor veel geluidshinder. Een vrachtwagen bijvoorbeeld maakt veel lawaai: door de ronkende motor, door de lucht die langs de auto beweegt, door de wielen op het wegdek en door de remmen.

Tegen de geluidshinder van het verkeer kun je op verschillende manieren iets doen. Je kunt maatregelen nemen bij de geluidsbron, tussen de geluidsbron en de ontvanger en bij de ontvanger.



▲ **afbeelding 19**
een geluidsscherm langs de snelweg

Bij de geluidsbron
Dit zijn maatregelen waardoor de geluidsbron – het verkeer – minder geluid gaat produceren. Dat kan bijvoorbeeld door snelwegen te asfalteren met geluidsarm asfalt. Ook moeten autobanden vanaf 2016 minder lawaai maken dan de oude banden.

Tussen de geluidsbron en de ontvanger
Dit zijn maatregelen tussen een weg en een woongebied, zoals **geluidswallen** en **geluidsschermen**. Ook worden langs snelwegen vaak grote bedrijfsgebouwen gebouwd. Die moeten het geluid tegenhouden voor een woonwijk die verderop ligt.

Bij de ontvanger
Dit zijn de maatregelen die in het woongebied genomen worden. Huizen die dicht bij een snelweg staan, worden bijvoorbeeld extra goed geïsoleerd. Er kan dan veel minder geluid de huizen binnenkomen.

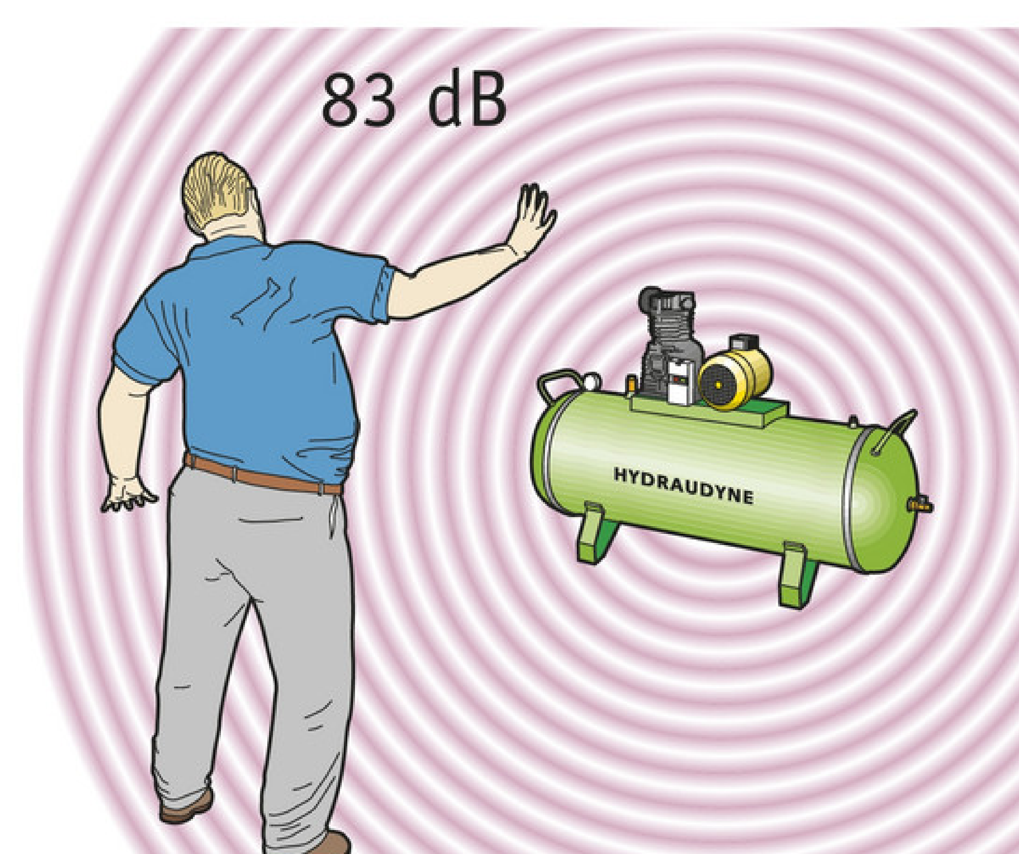
Geluid terugkaatsen

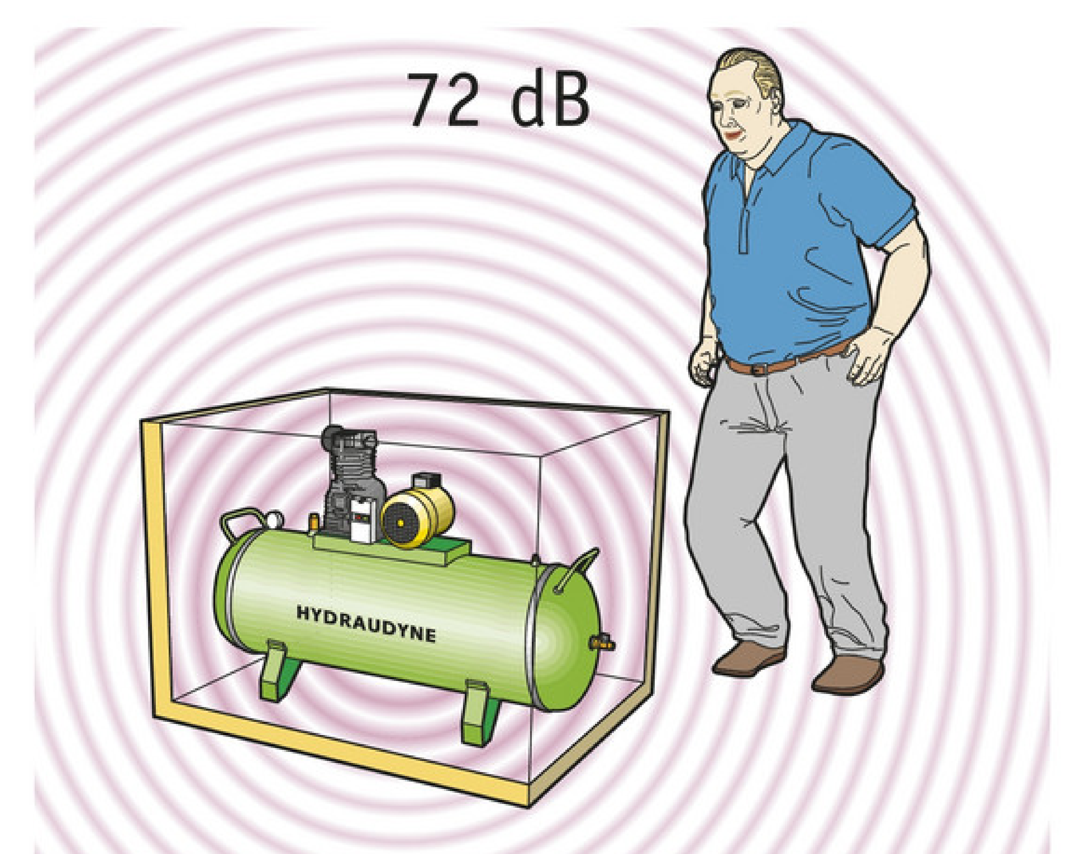
Een dikke aarden wal langs een snelweg kan het verkeerslawaai behoorlijk dempen. Maar soms is er niet voldoende ruimte voor een geluidswal. In dat geval wordt er vaak een geluidsscherm langs de snelweg geplaatst.

Een geluidsscherm zoals in afbeelding 19 kaatst het geluid terug naar de snelweg. Het geluid kan de huizen en flats langs de snelweg daardoor niet bereiken. Materiaal dat geluid moet terugkaatsen, is hard en heeft een glad oppervlak.

Geluidsisolatie

Geluidshinder wordt vaak bestreden met **geluidsisolatie**. De isolatie kan aangebracht worden bij de bron van het geluid, zoals in afbeelding 20. De geluidstrillingen worden door de isolatie veel zwakker.





▲ **afbeelding 20**
een machine zonder en met geluidsisolatie



▲ **afbeelding 21**
Oorkappen zijn hier verplicht.

Als een machine op een harde vloer staat, kan hij de vloer gemakkelijk in trilling brengen. De trillingen kunnen door de vloeren en muren alle kanten op bewegen. Dit kan veel geluidshinder veroorzaken. Je kunt de machine van de vloer isoleren door hem op rubberen noppen te zetten. Het rubber dempt de trillingen. De trillingen in de vloer worden daardoor veel zwakker.

Isolatie kan ook aangebracht worden bij de ontvanger. Werknemers die met lawaaiige machines werken, zijn verplicht **oorkappen** of **oordopjes** te dragen. Hierdoor wordt het geluid dat hun oren bereikt, een stuk zwakker (afbeelding 21).

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Geluidsisolatie in gebouwen



▲ **afbeelding 22**
geluidsisolerend materiaal

Buiten gebouwen mag niet te veel lawaai te horen zijn. In een fabriek kun je de geluidsoverlast meteen bij de bron aanpakken: er zijn allerlei manieren bedacht om machines minder lawaai te laten maken. Maar in een disco moet je het geluidsprobleem anders oplossen. Je kunt de muziek niet zachter zetten: dat willen de discogangers niet.

Om de herrie buiten te verminderen, worden de muren van een disco geïsoleerd. Daarbij wordt een dikke laag geluidsisolerend materiaal op de binnenmuren aangebracht (afbeelding 22). Dit materiaal is speciaal ontwikkeld om zoveel mogelijk geluid te **absorberen**. Dat betekent dat de geluidstrillingen in het materiaal 'uitdoven'.

▼ **tabel 3** reductiewaarden geluidsisolatie

frequentie (Hz)	reductiewaarde (dB(A))
125	23
250	28
500	34
1000	38
2000	36
4000	34

In tabel 3 staan meetgegevens van een bepaald soort geluidsisolatie. Je ziet met hoeveel dB(A) de geluidssterkte buiten afneemt. Dit noem je de **reductiewaarde**. Voor een toon van 500 Hz is de reductiewaarde 34 dB(A). Als je voor het isoleren buiten 90 dB(A) zou meten, is daar na het isoleren nog maar 56 dB(A) van over.

5 Extra: Blaasinstrumenten



▲ afbeelding 23
Een pijporgel heeft pijpen met een vaste lengte: van heel kort tot heel lang.

Er zijn blaasinstrumenten in allerlei soorten en maten. Hoe kun je op ieder instrument verschillende tonen spelen?

Verschillende pijpen naast elkaar

Sommige blaasinstrumenten hebben pijpen met een vaste lengte, zonder gaatjes. Op zo'n pijp kun je maar één toon maken. De **luchtkolom** die in trilling wordt gebracht, is altijd even lang. Hoe langer de pijp, hoe langer de luchtkolom en hoe lager de toon.

Aan één toon heb je niet zo veel. Daarom bestaat zo'n **blaasinstrument** uit een aantal pijpen met een verschillende lengte. Elke **pijp** heeft zijn eigen toon. Voor een toonladder van zeven steeds hogere tonen gebruik je zeven steeds kortere pijpen. Op een pijporgel (afbeelding 23) kun je een groot aantal tonen spelen: er zijn orgels met meer dan 28 000 pijpen!

Verstelbare lengte

Er zijn ook blaasinstrumenten waarbij je de lengte van de luchtkolom kunt verstellen. Een trombone (of schuiftrompet) is daar een goed voorbeeld van. In afbeelding 24 zie je hoe dit instrument bespeeld wordt.
Een trombone bestaat uit een vast gedeelte en een beweegbaar gedeelte. Het beweegbare gedeelte heet de **schuif**. Daarom wordt een trombone ook wel een schuiftrompet genoemd. Als de trombonist een lagere toon moet spelen, duwt hij de schuif van zich af. De luchtkolom in de trombone wordt dan langer: je hoort een lagere toon.
Als een trombonist een hogere toon moet spelen, trekt hij de schuif naar zich toe. De luchtkolom in de trombone wordt dan korter: de toonhoogte stijgt weer.



▲ afbeelding 24
Een trombone is traploos verstelbaar.

Gaatjes en kleppen

Veel blaasinstrumenten hebben gaatjes die je bij het spelen open- en dichtdoet. Dat geldt bijvoorbeeld voor een dwarsfluit, een saxofoon en een klarinet. Bij sommige instrumenten sluit je de gaatjes met je vingertoppen, bij andere instrumenten sluit je de gaatjes met **kleppen**.



▲ **afbeelding 25**
Met deze blokfluit kun je heel lage tonen maken.



▲ **afbeelding 26**
Een hoorn heeft extra omleidingen die je met ventielen in kunt schakelen.

Je krijgt de laagste toon, als alle gaatjes dicht zitten. De luchtkolom die je al blazend in trilling brengt, is dan het langst. Als je heel lage tonen wilt maken, moet je een extra lang instrument gebruiken (afbeelding 25).

Ventielen

Ten slotte heb je ook nog blaasinstrumenten die met **ventielen** werken. Voorbeelden daarvan zijn de trompet en de hoorn (afbeelding 26).
Op een trompet zonder ventielen kun je maar een paar tonen spelen. Je maakt die tonen door de trompet op een speciale manier aan te blazen. Hoe dat werkt, is te ingewikkeld om hier uit te leggen.
Op een trompet met ventielen kun je veel meer tonen spelen. Als je zo'n ventiel indrukt, wordt de lucht omgeleid via een extra stuk buis. Hierdoor wordt de luchtkolom langer en de toon dus lager. Als je twee ventielen tegelijk indrukt, komen er twee stukken buis bij. Bij de hoorn in afbeelding 26 kun je de extra omleidingen duidelijk zien.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.





8 Licht

Een wereld vol licht

Licht is niet alleen nodig om te kunnen zien, maar zorgt ook voor kleur en sfeer. Met licht kun je het centrum van een stad sfeervol verlichten, zodat mensen er ook 's avonds graag komen. Het effect is nog beter als een waterpartij het licht weerspiegelt.

Basisstof

Extra

1 Licht en schaduw

In het donker zie je bijna niets. Alleen als er licht van een voorwerp op je ogen valt kun je dat voorwerp zien. De meeste voorwerpen geven zelf geen licht, daardoor kun je ze in het donker vaak niet goed zien.

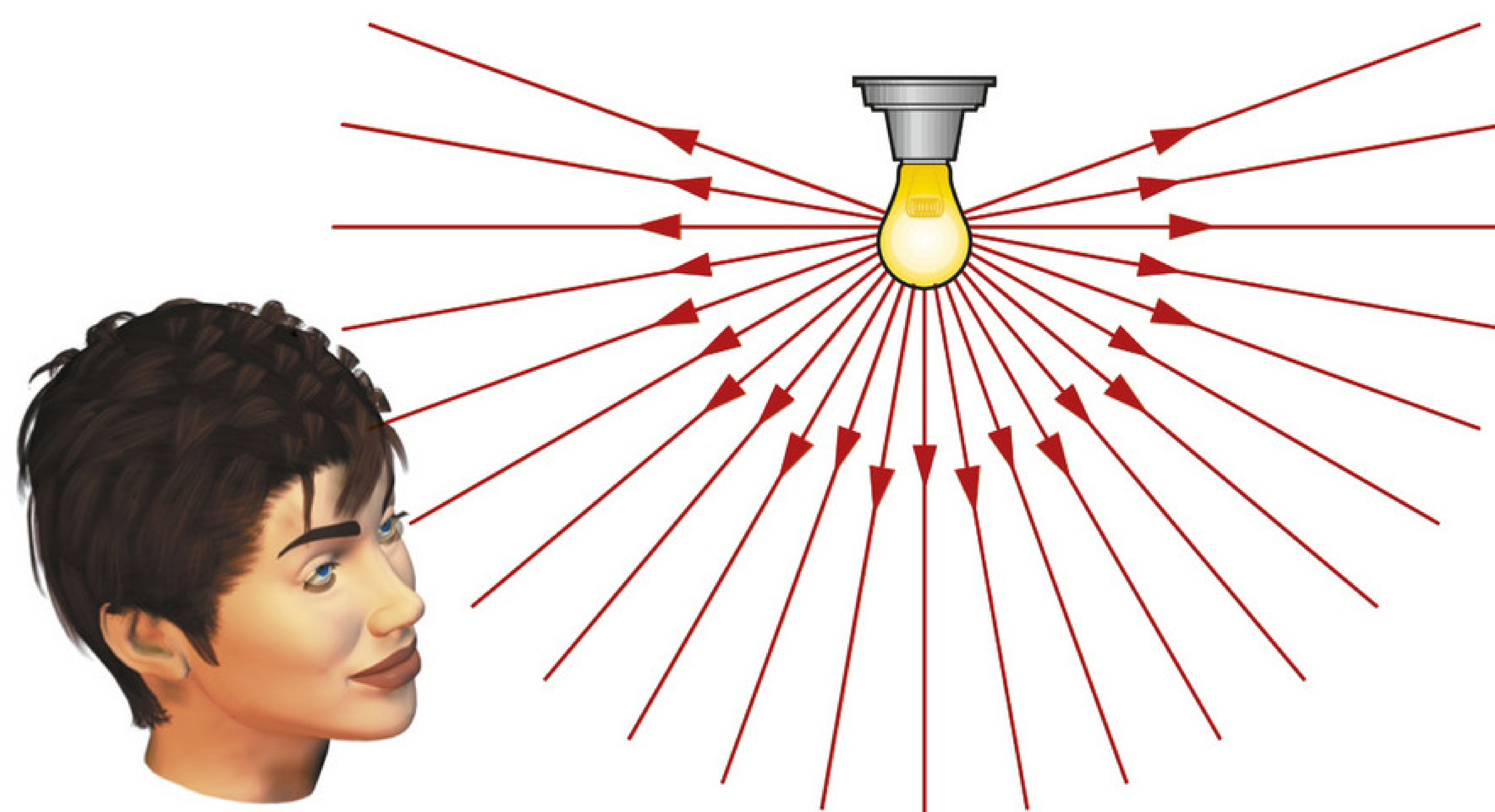
Lichtbronnen

Een voorwerp dat zelf licht geeft, noem je een **lichtbron**. De zon en de sterren zijn natuurlijke lichtbronnen. Kaarsen, lampen en tl-buizen zijn **kunstmatige lichtbronnen** (afbeelding 1). Kunstmatige lichtbronnen zijn door de mens gemaakt.



▲ **afbeelding 1**
voorbeelden van lichtbronnen

Als een lamp brandt, straalt hij licht uit. Het licht beweegt alle kanten op en gaat van de lamp af. Dat kun je aangeven door **lichtstralen** te tekenen (afbeelding 2).



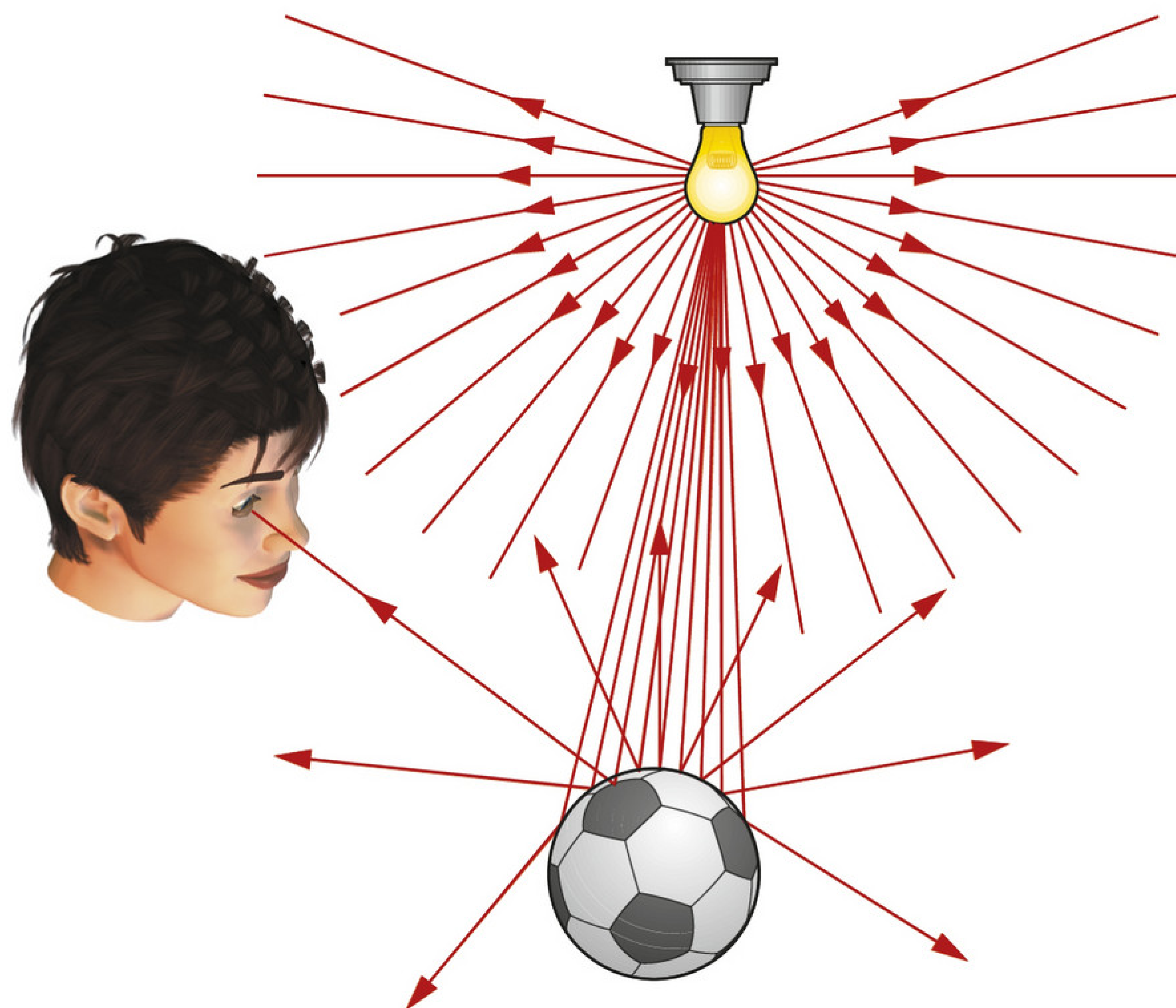
▶ **afbeelding 2**
Je ziet de lamp als een deel van het licht in je ogen valt.

Die lichtstralen zijn recht, want licht beweegt langs rechte lijnen. Je ziet de lamp als een deel van dit licht in je ogen valt.

Hoe verder je bij de lamp vandaan gaat, des te zwakker wordt het licht. Dat zie je ook aan de lichtstralen: die bewegen steeds verder uit elkaar.

Voorwerpen zien die zelf geen licht geven

De meeste dingen om je heen geven zelf geen licht. Je kunt ze alleen zien wanneer ze verlicht worden. Het licht dat op het voorwerp valt, wordt dan in alle richtingen teruggekaatst. In de natuurkunde zeg je dan dat het licht **diffuus teruggekaatst** wordt (afbeelding 3). Je ziet het voorwerp als een deel van dit teruggekaatste licht in je ogen valt.



▶ **afbeelding 3**
Je ziet de voetbal als een deel van het teruggekaatste licht in je ogen valt.

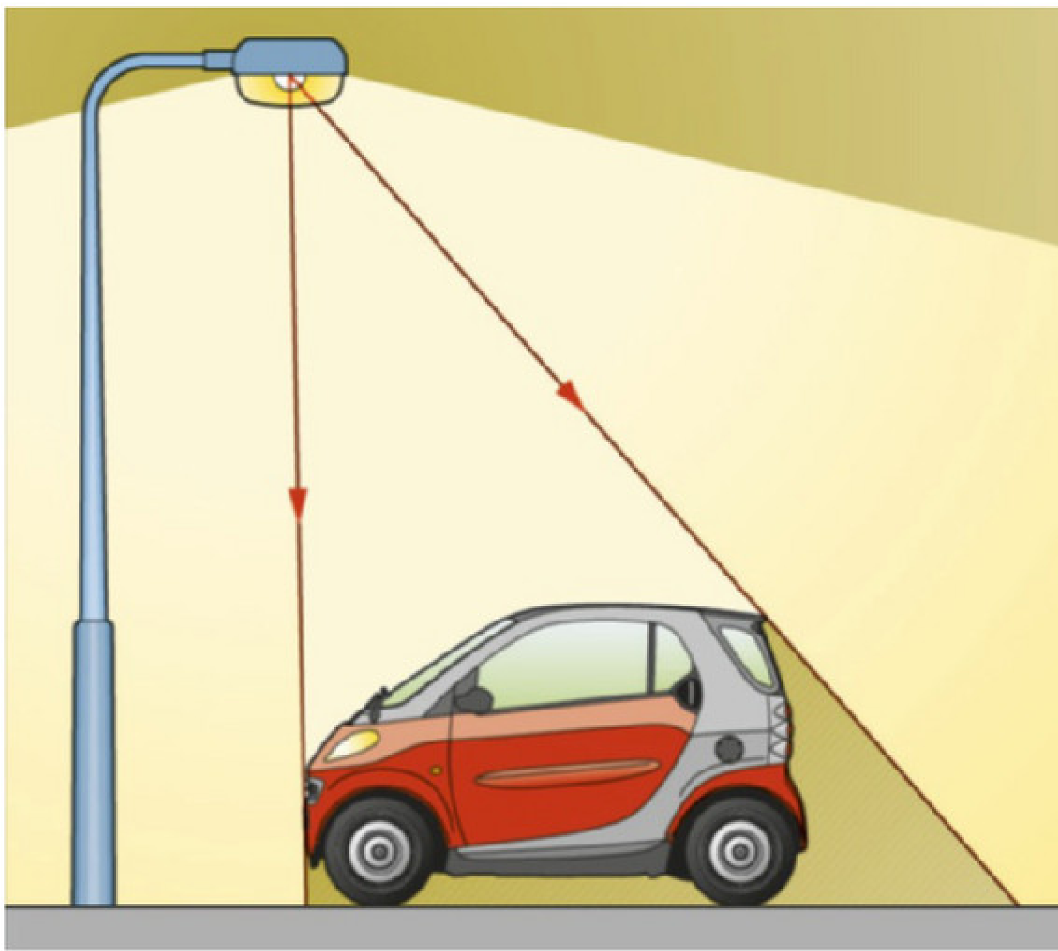
De maan geeft zelf geen licht. Je kunt de maan zien, doordat die het licht van de zon terugkaatst. Wanneer de verlichte kant van de maan naar je toegekeerd is, zie je een volle maan. Maar als de donkere kant van de maan naar je toegekeerd is, zie je niets.

Schaduwbeelden maken

Als een voorwerp het licht van de lichtbron tegenhoudt, ontstaat er een **schaduw**. Dat is een gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen (afbeelding 4).



◀ **afbeelding 4**
Schaduw ontstaat als je licht tegenhoudt.



▲ **afbeelding 5**
Zo teken je de schaduw van een voorwerp.

Omdat licht langs rechte lijnen beweegt, kun je op een eenvoudige manier de schaduw van een voorwerp tekenen (afbeelding 5).

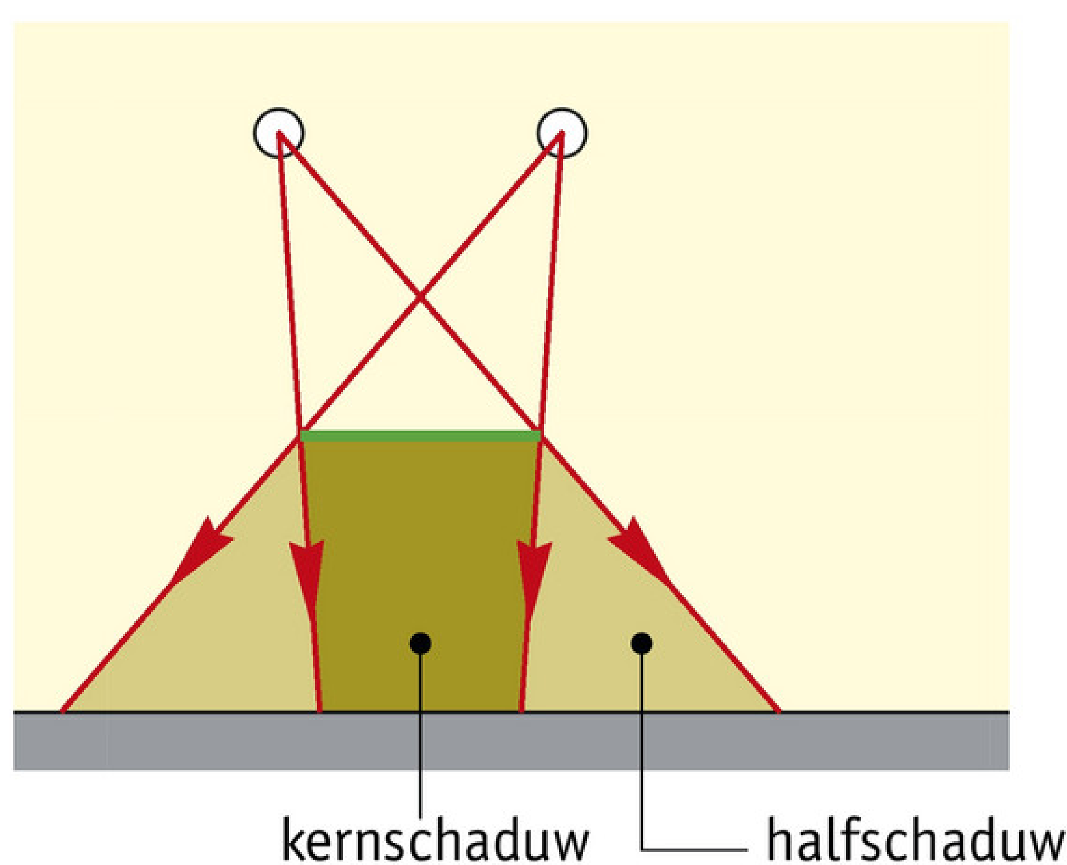
1 Teken de lichtstralen die net niet door het voorwerp tegengehouden worden (de 'randstralen').
2 Kleur het gebied achter het voorwerp dat tussen de twee randstralen in ligt. Dit is het gebied waar het licht niet rechtstreeks kan komen.

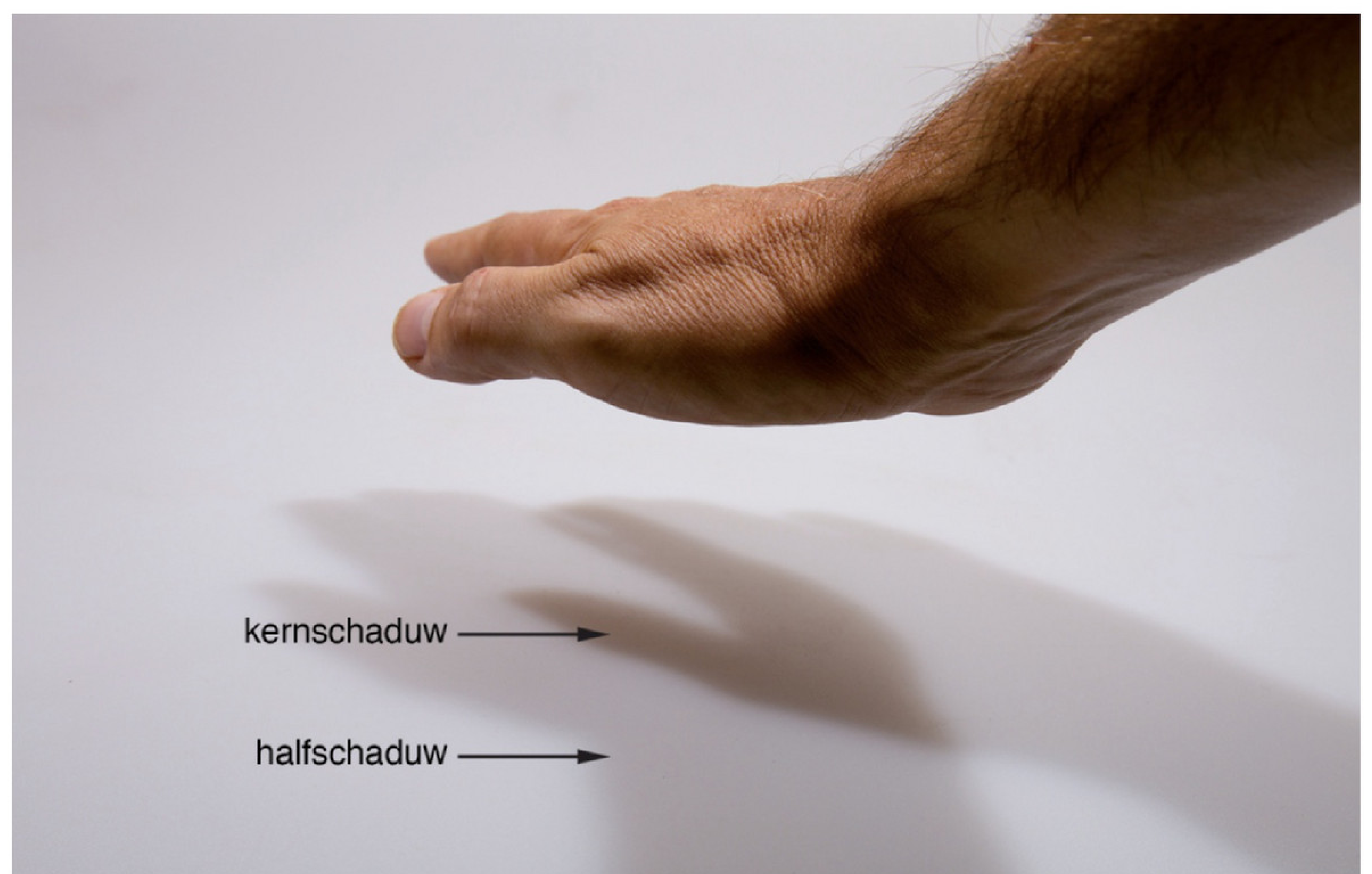
Kernschaduw en halfschaduw Proef 1

Als een voorwerp door één lamp wordt verlicht, krijg je een duidelijk schaduwbeeld. De overgang van licht naar donker is scherp.

Als een voorwerp door twee lampen wordt verlicht, ontstaan er twee schaduwbeelden (afbeelding 6). Op de plaats waar die beelden over elkaar heen vallen, is de schaduw het donkerst. Dit noem je de **kernschaduw**. Het licht van de twee lampen kan hier niet komen.

Links en rechts van de kernschaduw zie je een lichtere **halfschaduw**. Hier kan het licht van de ene lamp wel komen, maar van de andere lamp niet.





▶ **afbeelding 6**
de schaduw van een hand die door twee lampen wordt verlicht

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus Direct en indirect zonlicht

Om een boek te lezen heb je goed licht nodig. 's Avonds kun je een lamp aan doen om voldoende licht te hebben. Overdag is er meestal genoeg licht van de zon. Het meisje in afbeelding 7 leest haar boek in **direct licht** van de zon. Dat betekent dat het licht rechtstreeks van de lichtbron naar het boek beweegt.

In afbeelding 8 schijnt het zonlicht niet rechtstreeks op het boek, maar op de witte muur achter de jongen. De muur weerkaatst het zonlicht in alle richtingen. Een deel van het weerkaatste licht valt op het boek. De jongen gebruikt nu **indirect licht** om zijn boek te lezen. De muur lijkt een groot lichtgevend vlak: een indirecte lichtbron.

Bij direct licht zijn er felle lichtplekken en donkere schaduwen. Direct licht wordt daarom 'hard' licht genoemd. Hard licht is vaak onrustig voor je ogen. Bij indirect licht is er minder verschil tussen licht en schaduw. Hierdoor wordt een ruimte 'zacht' en gelijkmatig verlicht.



▲ **afbeelding 7**
direct licht van de zon



▲ **afbeelding 8**
indirect licht van de zon

2 Spiegelbeelden

Als zonlicht op een vel wit papier of op een spiegel valt, wordt het teruggekaatst. Bij het vel papier is die terugkaatsing diffuus: het weerkaatste zonlicht beweegt alle kanten op. Bij een spiegel wordt het licht juist heel gericht – spiegelend – teruggekaatst.

Spiegelbeelden bekijken Proef 2

In een spiegel zie je een levensecht beeld van je eigen wereld. Het **spiegelbeeld** heeft zelfs diepte: het lijkt echt achter de spiegel te liggen. Kijk maar eens naar je hand, als je een spiegel vasthoudt, en dan naar het beeld van je gezicht. Je voelt dat je ogen zich steeds anders moeten instellen. Het spiegelbeeld is verder weg dan je hand.

De spiegelwereld verschilt op één belangrijk punt van de wereld voor de spiegel. Dat merk je meteen als je tekst bekijkt via een spiegel. Je ziet de tekst dan in **spiegelschrift** (afbeelding 9).



▶ **afbeelding 9**
Spiegelschrift ziet er gewoon uit als je het via een (achteruitkijk)spiegel bekijkt.

De spiegelwet Proef 3

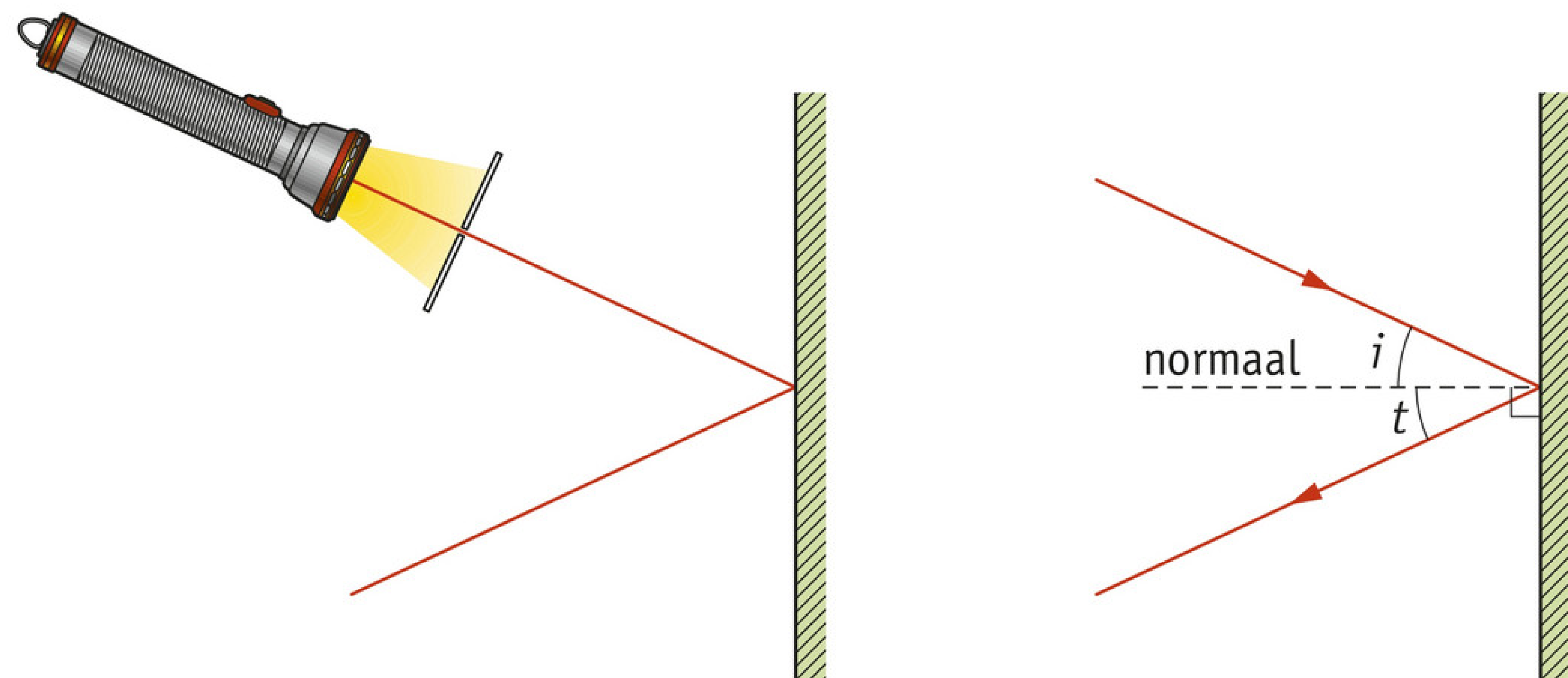
In de tekening zie je hoe een vlakke spiegel een smalle lichtbundel terugkaatst. Je kunt zo'n lichtbundel tekenen als één lichtstraal.

Op de plaats waar de lichtstraal de spiegel raakt, is een lijn getekend die loodrecht op de spiegel staat: de **normaal**. De hoek tussen de invallende lichtstraal en de normaal heet de **hoek van inval** ($\angle i$). De hoek tussen de teruggekaatste lichtstraal en de normaal heet de **hoek van terugkaatsing** ($\angle t$).

Bij terugkaatsing door een vlakke spiegel geldt altijd:

hoek van inval = hoek van terugkaatsing

Deze regel wordt de spiegelwet genoemd (afbeelding 10).



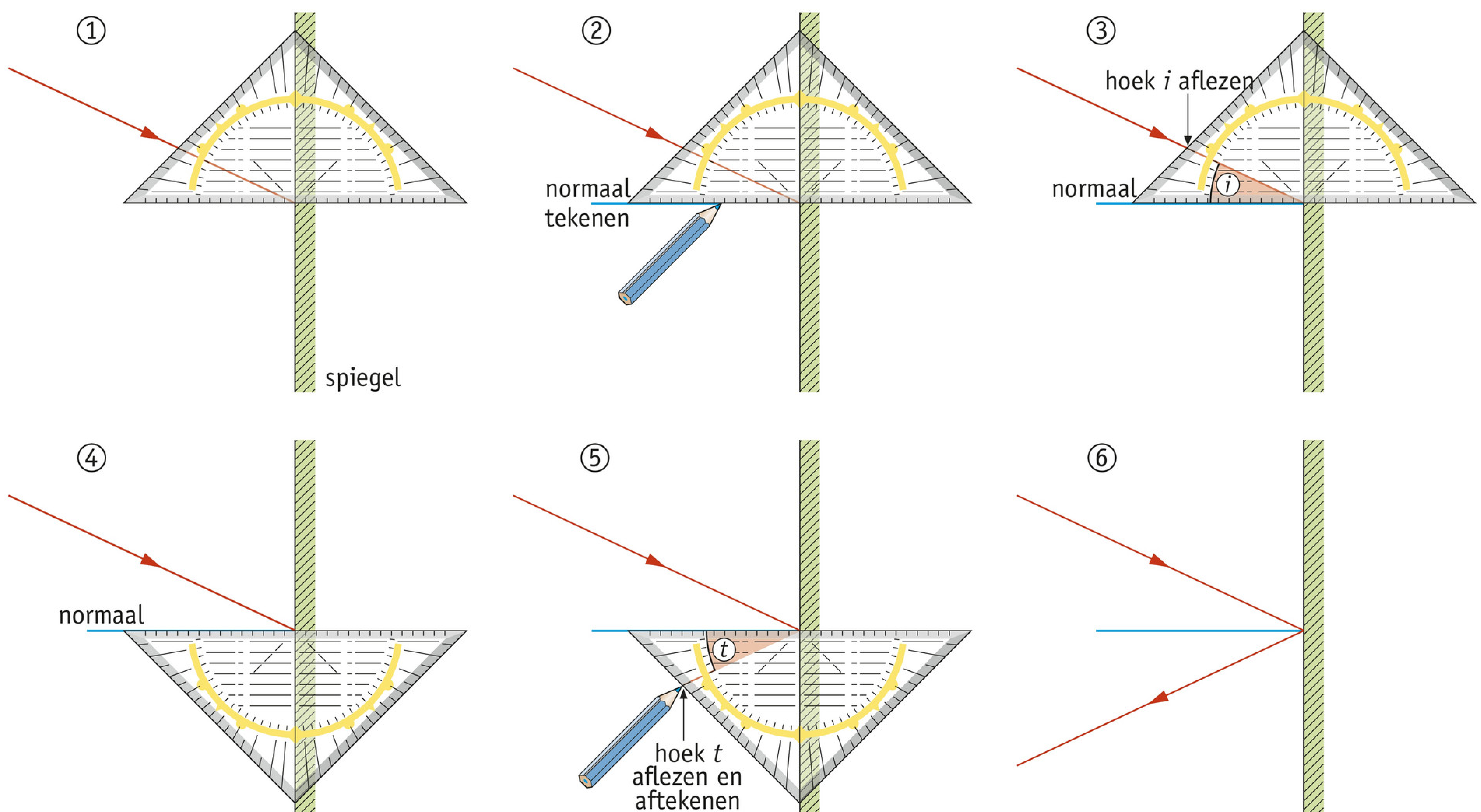
▶ **afbeelding 10**
de spiegelwet: ∠*i* =∠*t*

De teruggekaatste lichtstraal tekenen

Met de spiegelwet kun je tekenen hoe een lichtstraal door de spiegel teruggekaatst wordt.

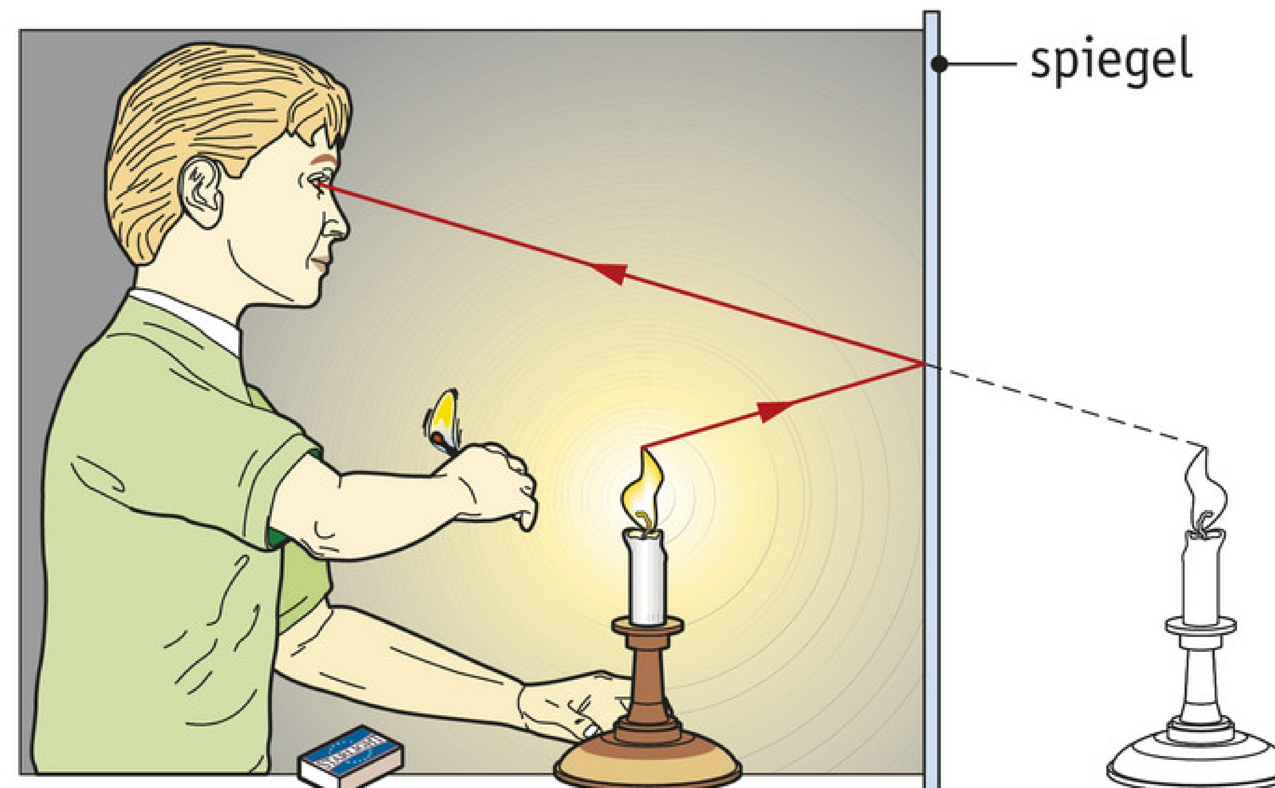
1 Leg je geodriehoek neer zoals in de tekening in afbeelding 11.
2 Teken de normaal.
3 Lees de hoek van inval af.
4 Leg je geodriehoek nu langs de andere kant van de normaal.
5 Zet de hoek van terugkaatsing uit.
6 Teken de teruggekaatste lichtstraal.

▼ **afbeelding 11**
Zo kun je tekenen hoe een lichtstraal teruggekaatst wordt.



Spiegelbeelden en de spiegelwet Proef 4

Met de spiegelwet kun je ook verklaren hoe spiegelbeelden ontstaan. Als je een brandende kaars voor een spiegel zet, valt er licht op de spiegel. Dit licht wordt door de spiegel teruggekaatst volgens de spiegelwet. Maar voor iemand die in de spiegel kijkt, lijkt het licht van achter de spiegel te komen (afbeelding 12).



▶ **afbeelding 12**
Het spiegelbeeld van de kaars lijkt achter de spiegel te staan.

Doordat het licht van achter de spiegel lijkt te komen, zie je in de spiegel een tweede kaars. Uiteraard bevindt zich in werkelijkheid geen kaars in de spiegel. Het beeld van de kaars is een **virtueel beeld**. De tweede kaars bestaat alleen in onze gedachten.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

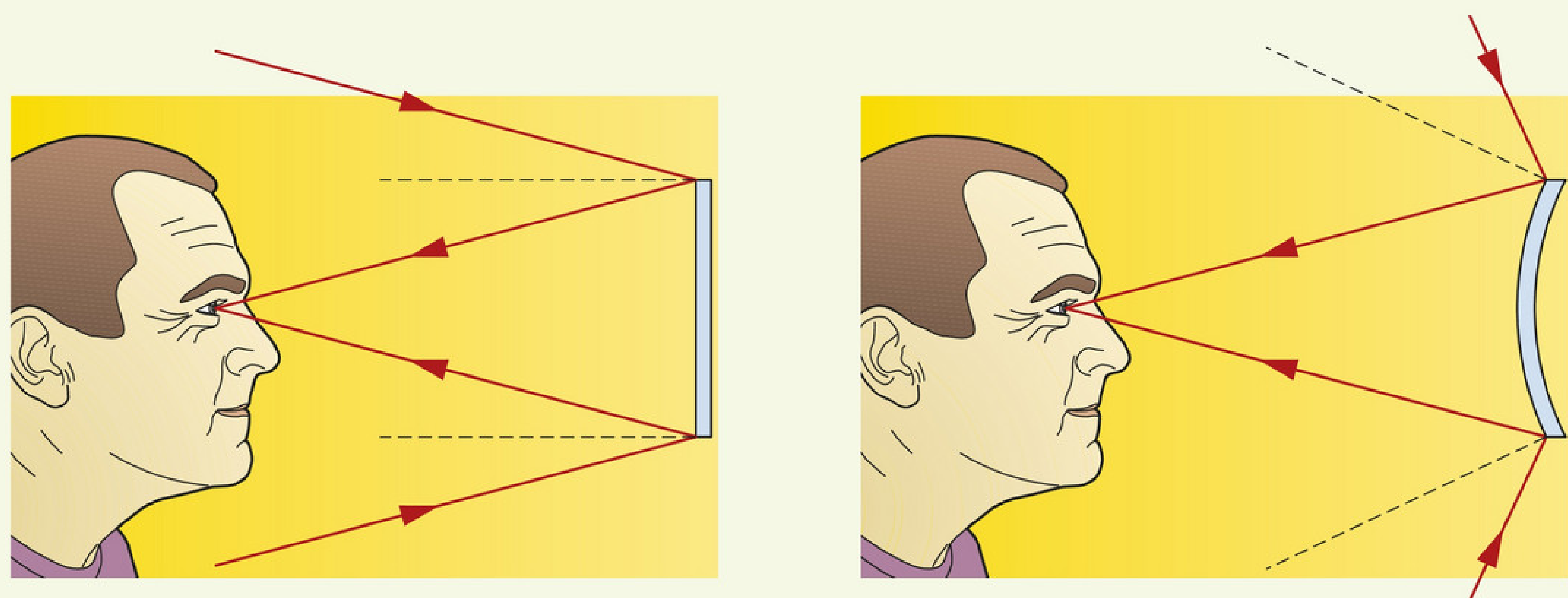
Plus Bolle spiegels

▲ **afbeelding 13**
een bolle spiegel

Als je via een spiegel een zo groot mogelijk gebied wilt overzien, moet je een **bolle spiegel** gebruiken (afbeelding 13). Bolle spiegels vind je bijvoorbeeld in auto's (als achteruitkijkspiegels), in winkels en op onoverzichtelijke kruispunten.

In een bolle spiegel zie je de dingen **verkleind**: het beeld van het voorwerp is kleiner dan het voorwerp zelf. Bij een vlakke spiegel is het beeld even groot als het voorwerp. Dat ziet er natuurlijker uit.

Daar staat tegenover dat je via een bolle spiegel meer van de omgeving kunt zien. Je kunt dat zelf nagaan door het gebied te tekenen dat je via een vlakke en via een bolle spiegel kunt overzien (afbeelding 14).



▶ **afbeelding 14**
het gezichtsveld van een vlakke (links) en een bolle spiegel (rechts)

3 Licht en kleur

Als het mistig is, zie je de zon soms als een helder witte schijf door de mist heen tevoorschijn komen. Je kunt dan goed zien waarom zonlicht wit licht wordt genoemd. Dat lukt niet meer, als de mist optrekt. Het licht is dan te fel om er recht tegenin te kijken.

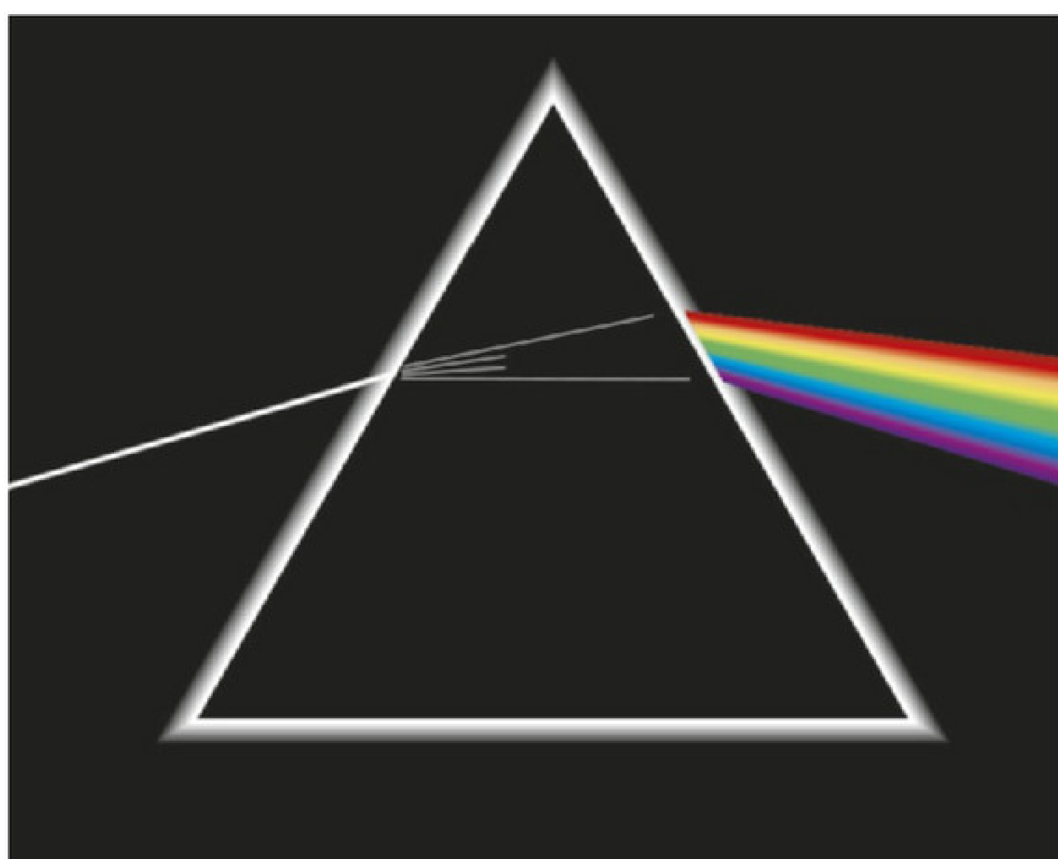


▶ **afbeelding 15**
Bij mist zie je de zon als een witte schijf.

Het kleurenspectrum

Het witte zonlicht bestaat uit alle kleuren van de regenboog. Dat zie je als je zonlicht op een **prisma** laat vallen, zoals in de opstelling van afbeelding 16. Op het scherm is dan een reeks kleuren te zien: rood, oranje, geel, groen, blauw en violet. Zo'n reeks kleuren wordt een **spectrum** genoemd.

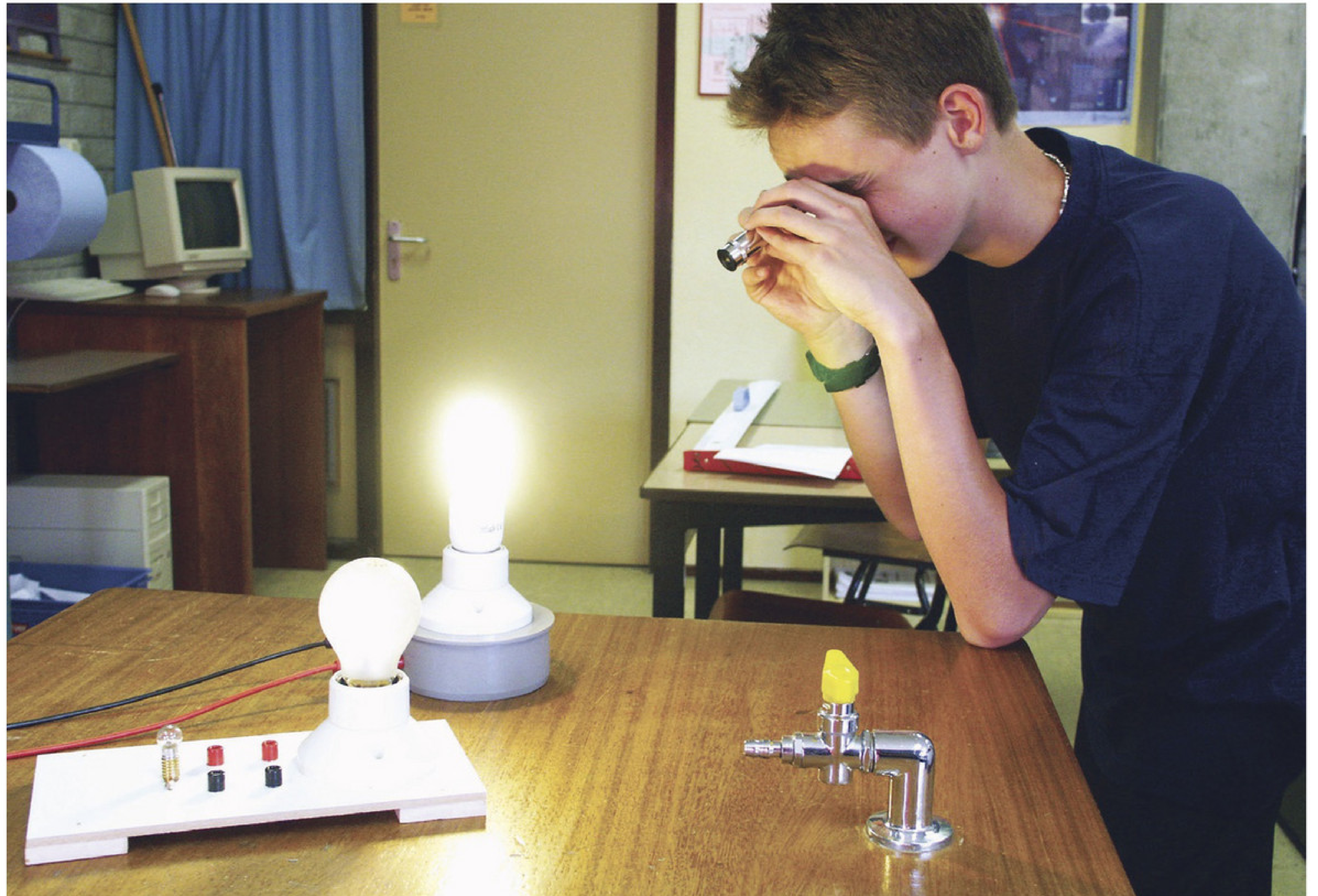
Je kunt de verschillende kleuren licht ook weer samenvoegen. Je krijgt dan weer wit licht.



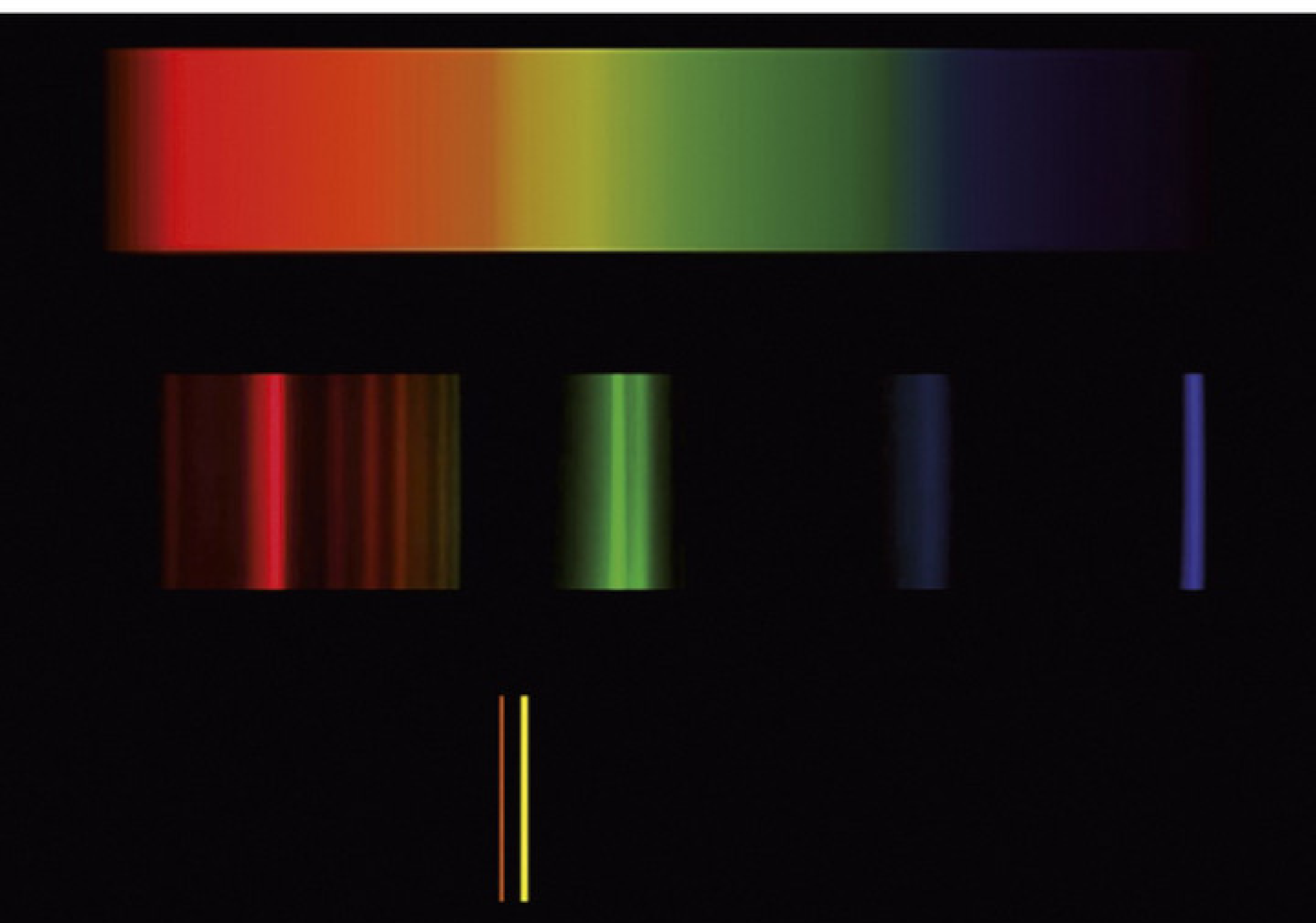
▲ **afbeelding 16**
Een prisma splitst licht in alle kleuren van de regenboog.

De zakspectroscoop Proef 5

Met een **zakspectroscoop** kun je de samenstelling van licht onderzoeken (afbeelding 17). Als je in de spectroscoop kijkt, zie je een spectrum van het licht van de lamp. Je kunt zo zien uit welke kleuren het licht bestaat.



▶ **afbeelding 17**
Zo gebruik je een zakspectroscoop.



▲ **afbeelding 18**
het spectrum van een halogeenlamp, een tl-buis en een natriumlamp

De meeste lampen geven licht dat uit verschillende kleuren bestaat (afbeelding 18). Normaal gesproken zie je die kleuren niet, je ziet alleen een mengkleur. In het licht van een gloeilamp zitten bijvoorbeeld alle kleuren van de regenboog. Toch heeft het licht van een gloeilamp geen duidelijke kleur – het is een beetje aan de gele kant.

Het licht van gloeilampen en tl-buizen lijkt veel op zonlicht: alle kleuren van de regenboog zitten erin. Toch zijn er verschillen. Het licht van een gloeilamp bevat meer rood dan zonlicht. Daardoor vinden veel mensen het licht van een gloeilamp 'warm'. Het licht van een tl-buis bevat veel groen en violet licht en bijna geen rood. Veel mensen vinden het daarom 'koud licht'.



▲ **afbeelding 19**
Je kleren kunnen allerlei verschillende kleuren weerkaatsen.

Gekleurde voorwerpen zien

Overdag worden de dingen om je heen door de zon verlicht. Je ziet de wereld om je heen dan in kleur. Die kleuren ontstaan doordat veel voorwerpen maar een deel van het zonlicht terugkaatsen. Een gele trui weerkaatst vooral geel licht, een rode trui vooral rood licht, een blauwe trui vooral blauw licht enzovoort (afbeelding 19). Het licht dat niet wordt teruggekaatst, wordt **geabsorbeerd** (= opgenomen). Het licht wordt daarbij omgezet in warmte.

Bijna alle kleuren in de wereld om je heen zijn mengkleuren. Een gele trui bijvoorbeeld kaatst niet alleen geel licht terug, maar ook oranje en groen licht. Je ogen kunnen dit mengsel van kleuren niet onderscheiden van zuiver geel licht.

Witte voorwerpen kaatsen bijna al het zonlicht terug. Daarbij worden alle kleuren even sterk weerkaatst. In het weerkaatste licht vind je (net als in het zonlicht zelf) alle kleuren van de regenboog. Zwarte voorwerpen kaatsen maar weinig licht terug. Bijna al het zonlicht wordt geabsorbeerd, van welke kleur het ook is.

Het licht van lampen Proef 6

Er zijn lampen die maar één kleur licht geven. De voorwerpen die je met zo'n lamp verlicht, kunnen alleen die ene kleur licht terugkaatsen: andere kleuren zijn er gewoon niet. De wereld ziet er dan heel anders uit dan je gewend bent (afbeelding 20).

In straatlantaarns worden vaak **natriumlampen** gebruikt, die zuiver geel licht geven. Een witte trui en een gele trui lijken onder een natriumlamp allebei geel. Het gele licht van de natriumlamp wordt door de twee truien grotendeels teruggekaatst.

Als je een paarse trui bekijkt onder een natriumlamp, lijkt hij zwart. Dat komt doordat de paarse trui voornamelijk paars licht terugkaatst. Het gele licht van de natriumlamp wordt bijna helemaal geabsorbeerd. De trui kaatst dus zo goed als geen licht terug, waardoor hij zwart lijkt.



▶ **afbeelding 20**
een bord eten in zonlicht (links) en in violet licht (rechts)

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

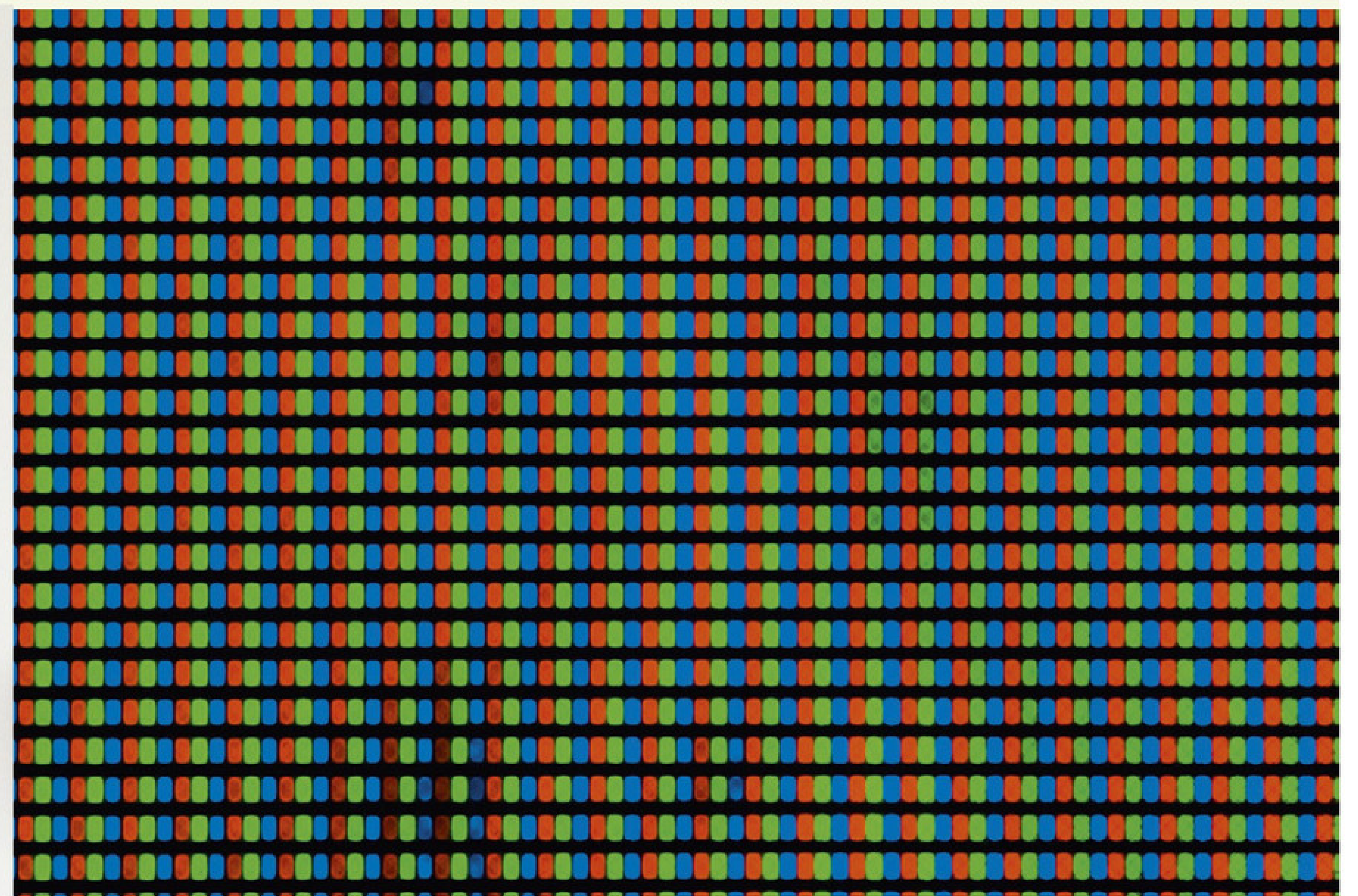
Plus De televisie

Het scherm van een televisie is opgebouwd uit pixels. Iedere pixel bestaat uit een rood, groen en blauw beeldpunt. Dat kun je zien wanneer je het televisiescherm bekijkt met een vergrootglas. Kijk je van een afstand, dan versmelten de beeldpuntjes tot één pixel met één kleur (afbeelding 21). Iets vergelijkbaars gebeurt met de pixels: op afstand versmelten deze tot één beeld.

De beeldpunten in het scherm kunnen apart in- en uitgeschakeld worden. In een groen stukje beeld lichten alleen de groene beeldpunten op, in een rood stukje beeld alleen de rode beeldpunten enzovoort.

Een geel beeld wordt gemaakt door de rode en groene beeldpunten tegelijk te laten oplichten. Groen en rood geven gemengd namelijk dezelfde indruk als zuiver geel licht. Het geel van een televisie is dus een mengkleur (net als bijna alle kleuren in de wereld om je heen).





▼ **afbeelding 21**
De kleuren op een tv-scherm worden gemaakt met drie kleuren licht.

4 Infrarood en ultraviolet

Je ogen zijn gevoelig voor licht. Als het licht van een lamp in je ogen terechtkomt, merk je dat meteen. Het licht van een felle lamp doet zelfs pijn aan je ogen, waardoor je automatisch met je ogen begint te knipperen. Maar er zijn ook soorten straling waarvoor je ogen niet gevoelig zijn, zoals infrarood en ultraviolet.

Infrarode straling

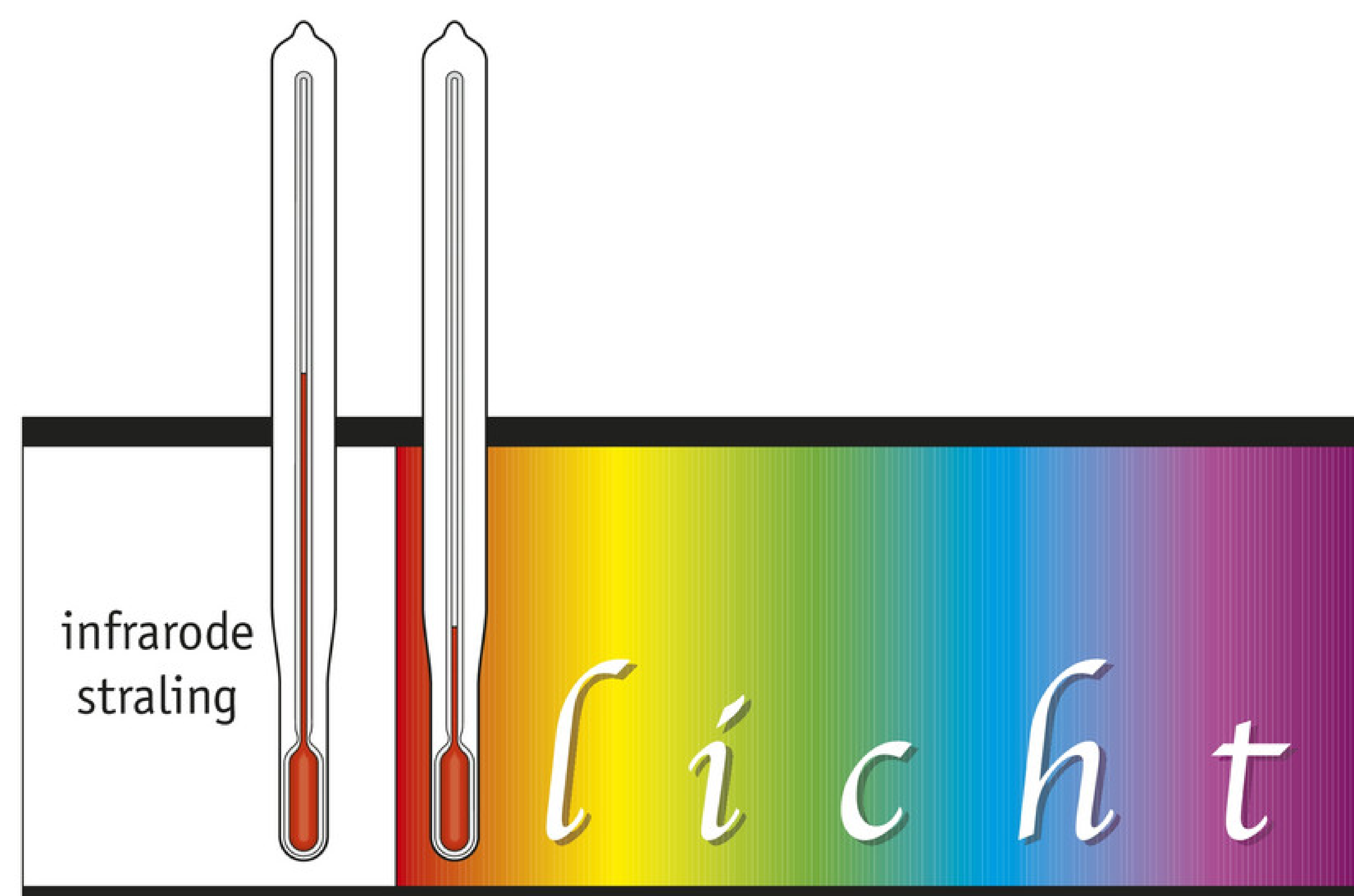
Alle voorwerpen om je heen, maar ook mensen en dieren, zenden **infrarode straling** (ir) uit. Hoe hoger de temperatuur van het voorwerp, des te meer straling het uitzendt. Dat merk je bijvoorbeeld als je een hand voor een hete radiator houdt. Je voelt dat je hand warm wordt, doordat die de infrarode straling van de radiator absorbeert.



▲ **afbeelding 22**
pasgeboren geitjes onder de warmtelamp

Warmtelampen zenden, behalve een beetje rood licht, vooral veel infrarode straling uit. Ze worden veel gebruikt om pasgeboren jonge dieren warm te houden (afbeelding 22), maar je komt ze ook tegen in terrasverwarming en infraroodsauna's. Mensen en dieren vinden de straling die deze lampen uitzenden 'lekker warm'.

In het spectrum van een ir-lamp vind je de infrarode straling naast het rood. Dat kun je aantonen met een gevoelige thermometer. Zo'n thermometer geeft een hogere temperatuur aan als je hem in het licht houdt (afbeelding 23). Het opvallende is dat de thermometer vlak náást het rood de hoogste temperatuur aangeeft. Daaraan kun je zien dat daar de infrarode straling terechtkomt. De naam 'infrarood' betekent letterlijk 'vóór het rood'.



▶ **afbeelding 23**
In het spectrum vind je het infrarood vóór het rood.



▲ **afbeelding 24**
een buitenlamp met een infraroodsensor

Toepassingen van infrarode straling

Infrarode straling wordt op verschillende manieren toegepast. In de afstandsbediening van een tv of cd-speler zit bijvoorbeeld een klein ir-lampje. De straling van dit lampje wordt gebruikt om signalen naar de tv of cd-speler te sturen.

Alle dingen om je heen zenden infrarode straling uit. Hoe warmer het voorwerp, des te meer straling er wordt uitgezonden. Een **infraroodsensor** is gevoelig voor deze straling. De sensor in een buitenlamp reageert bijvoorbeeld op infrarode straling die wordt uitgestraald door voorbij lopende mensen. De sensor schakelt dan de stroom in, zodat de lamp gaat branden (afbeelding 24).

Infraroodsensoren worden ook gebruikt in alarminstallaties en in winkeldeuren die automatisch openen en sluiten. In het leger worden nachtkijkers gebruikt die onzichtbare infrarode straling omzetten in een zichtbaar beeld.

Ultraviolette straling

De zon straalt behalve licht ook **ultraviolette straling** (uv) uit. Als je in de zon ligt, komt die straling op je huid terecht. Je huid reageert daarop door extra kleurstof aan te maken: je wordt bruin. De kleurstof die je huid bruin kleurt, heeft een beschermende werking. Daardoor kun je langer in de zon blijven als je bruin bent.



▲ **afbeelding 25**
De huid van kleine kinderen is extra gevoelig voor uv-straling.

Je moet oppassen dat er niet te veel ultraviolette straling op je huid terechtkomt (afbeelding 25). Als dat wel gebeurt, kun je last krijgen van zonnebrand. Te veel ultraviolette straling vergroot ook de kans op huidkanker.

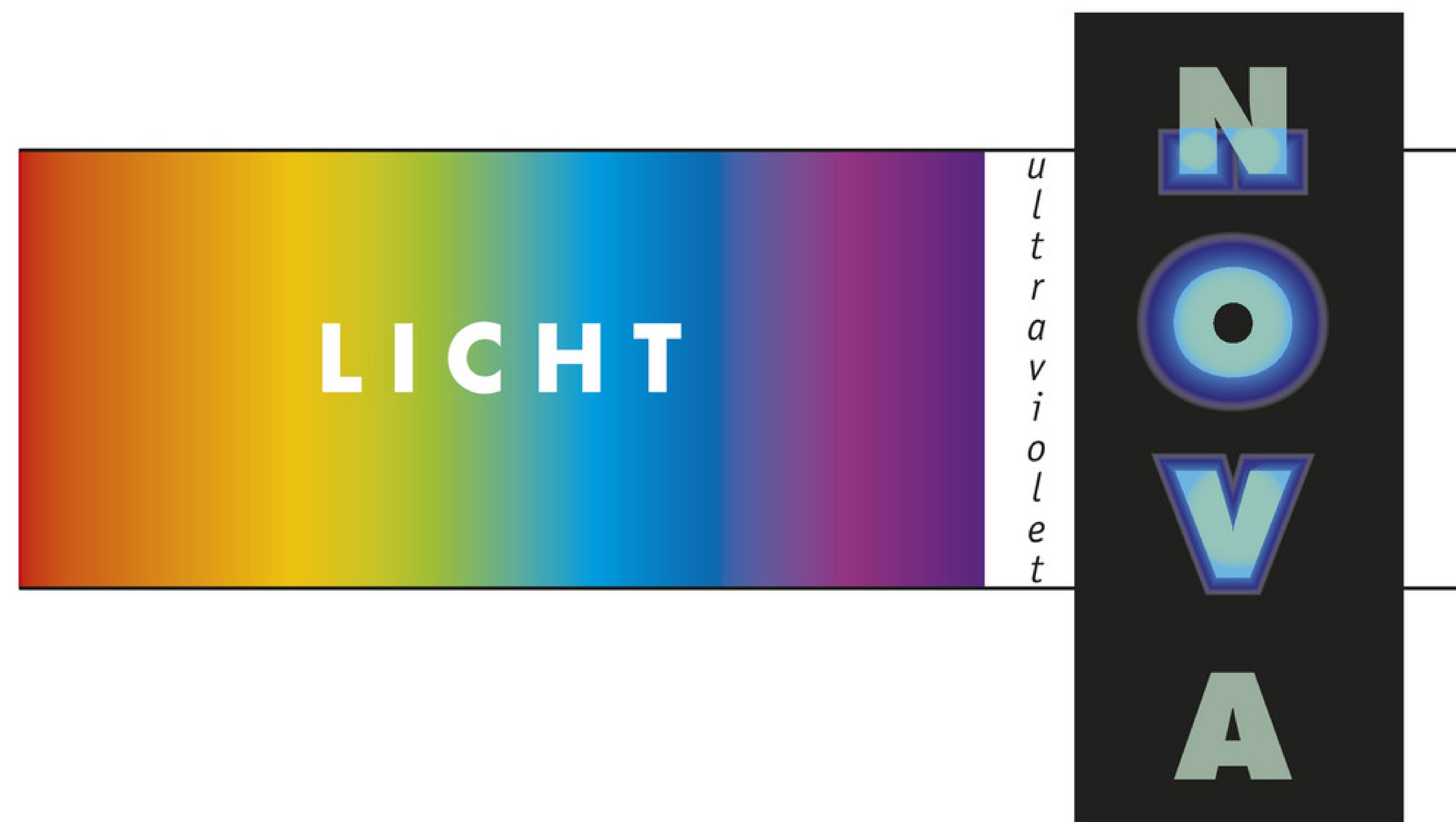
Hoog in de atmosfeer (de luchtlaag rond de aarde) bevindt zich een gas dat de meest schadelijke ultraviolette straling tegenhoudt. Dit gas heet **ozon**. De luchtlaag waarin dit ozon voorkomt, heet de **ozonlaag**. Doordat de lucht vervuild is met cfk's (stoffen die nu niet meer gemaakt mogen worden) zijn er gaten ontstaan in de ozonlaag. Hierdoor kan de uv-straling gemakkelijker de aarde bereiken en lopen mensen eerder een te hoge dosis op.

Uv-lampen Proef 7

Er zijn lampen die vooral ultraviolette straling uitzenden. Denk bijvoorbeeld aan de **uv-lampen** in zonnebanken en de blacklights in discotheken. Behalve ultraviolette straling geven deze lampen ook een beetje violet licht. Aan dit violette licht kun je uv-lampen en blacklights herkennen.

In het spectrum van een uv-lamp vind je ultraviolette straling naast het violet. Dat kun je aantonen met een **fluorescerende** stof. Zo'n stof gaat zelf licht geven als er ultraviolette straling op valt.

De letters NOVA in afbeelding 26 zijn geschilderd met fluorescerende verf. Je ziet ze oplichten op de plaats waar de uv-straling terechtkomt: voorbij het violet. 'Ultraviolet' betekent letterlijk 'voorbij het violet'.



▶ **afbeelding 26**
In het spectrum komt het ultraviolet na het violet.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.

Plus De infraroodcamera

Met een infraroodcamera kun je een **thermogram** maken: een foto waarop te zien is hoeveel infrarode straling een voorwerp uitzendt. Vlakken die op het thermogram licht gekleurd lijken, stralen veel infrarode straling uit. Vlakken die er donker uitzien, stralen weinig infrarode straling uit.

Je kunt een infraroodcamera gebruiken om 'warmtelekken' op te sporen. Op het thermogram in afbeelding 27 is duidelijk te zien waar de meeste warmte weglekt. Zo kun je erachter komen op welke plaatsen het huis beter geïsoleerd moet worden.



▶ **afbeelding 27**
een gewone foto (links) en een thermogram (rechts)

5 Verlichting in huis



▲ **afbeelding 28**
direct licht

Zonder licht zie je niets. Maar ook als er wel licht is, kun je nog niet altijd alles goed zien. Probeer maar eens een boek te lezen bij een waxinelichtje. Voor iedere gelegenheid gebruik je een ander soort licht.

Licht om bij te werken

Licht is onmisbaar om dingen te kunnen doen. Of je nu je huiswerk maakt, een appeltaart bakt of een band plakt, je moet goed kunnen zien waar je mee bezig bent.
Overdag heb je vaak genoeg aan het zonlicht dat van buiten komt, maar 's avonds kun je niet zonder kunstlicht (licht van lampen of tl-buizen).

De meeste karweitjes doe je aan een tafel, bureau of werkblad. Het werkoppervlak (het vlak waaraan je werkt) moet goed verlicht zijn. Daarvoor worden meestal lampen gebruikt die **direct licht** geven. Het licht beweegt rechtstreeks van de lichtbron naar het werkoppervlak. Dat zie je bij de leeslamp in afbeelding 28.

Direct licht heeft als voordeel dat je het licht kunt concentreren op het werkoppervlak. De dingen die daarop liggen, worden goed verlicht. Je krijgt wel diepe (donkere) schaduwen. Als je een boek leest, geeft dat niet, maar voor sommige karweitjes is dat een nadeel. In zo'n geval kun je het werkoppervlak beter verlichten met meerdere lampen of met een tl-buis. Het verschil tussen licht en schaduw is dan minder groot.



▲ **afbeelding 29**
indirect licht

Sfeerverlichting

Verlichting wordt ook gebruikt om gezelligheid en sfeer in huis te scheppen. De lampen die voor deze sfeerverlichting gebruikt worden, geven geen direct licht. Direct licht is te 'hard' en zakelijk. Sfeerverlichting moet de hele ruimte 'zacht' verlichten, zonder felle lichtplekken en diepe schaduwen. Dat kan met indirect en met diffuus licht.

De lamp in afbeelding 29 geeft **indirect licht**. Het licht beweegt niet rechtstreeks de kamer in, maar wordt eerst door het witte plafond weerkaatst. Daardoor wordt het plafond een **indirecte lichtbron**. Het plafond wordt een groot, lichtgevend vlak dat de kamer gelijkmatig verlicht.



▲ **afbeelding 30**
diffuus licht

De lamp in afbeelding 30 geeft **diffuus licht**. Dat komt doordat de papieren bol het licht van de gloeilamp verstrooit. Als het licht door het witte papier heen beweegt, verandert het van richting. Hierdoor lijkt het alsof het licht van de bol zelf afkomstig is. De bol wordt een indirecte lichtbron, net als het plafond in afbeelding 29.

Kleur

Voor de sfeer in huis is het niet alleen belangrijk hoe gelijkmatig ('zacht') het licht is. Het is ook belangrijk welke kleur het licht heeft. Het licht van een gloeilamp, tl-buis of halogeenlamp bevat alle kleuren van de regenboog. Dat kun je zelf nagaan met een zakspectroscoop. Toch zijn er wel verschillen: het licht van een gloeilamp bevat verhoudingsgewijs meer rood, oranje en geel dan het licht van een halogeenlamp.

Licht dat veel rood, oranje en geel bevat, maakt een warme indruk. Licht dat veel groen en blauw bevat, komt neutraal of zelfs koel over. Het hangt van je smaak af wat je mooier vindt. Veel mensen geven de voorkeur aan warm licht, omdat ze het gezellig vinden.

Kleurfilters

Lampenkappen van stof en glas hebben vaak een kleur. Zo'n kap werkt als een **kleurfilter**: hij houdt bepaalde kleuren licht (grotendeels) tegen en laat andere kleuren licht (grotendeels) door. Op die manier kun je het licht een kleur geven die je mooi vindt.

Er zijn ook lampen met ingebouwde kleurfilters. De lamp in afbeelding 31 is een mooi voorbeeld. Met de knoppen in de basis van de lamp kun je kleurfilters in- en uitschakelen. Zo kun je talloze mengkleuren maken, die passen bij je stemming van dat moment.

Dat het om mengkleuren gaat, kun je nagaan met een zakspectroscoop. Die laat je zien dat het licht van de lamp altijd uit verschillende kleuren licht is samengesteld.



▶ **afbeelding 31**
Met deze lamp kun je talloze mengkleuren maken.

WB MAAK NU DE OPGAVEN IN JE WERKBOEK.



Vaardig-heden

Onderzoek doen

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om onderzoek te doen. Je werkt met practicumapparatuur, voert metingen uit, tekent grafieken en maakt berekeningen. Dit deel van het boek gaat over de vaardigheden die je daarvoor nodig hebt.

1 Onderzoek doen

Bij het vak natuur- en scheikunde leer je om zelf onderzoek uit te voeren. Bij het doen van onderzoek ga je stap voor stap te werk.

- **Stap 1: Bedenk een onderzoeksvraag**
  Meestal staat de onderzoeksvraag al in het boek vermeld. Dan ben je natuurlijk snel klaar. Soms mag je zelf een onderzoeksvraag bedenken. Wees daarbij niet te gauw tevreden. Je moet wel een idee hebben hoe je jouw vraag kunt beantwoorden.

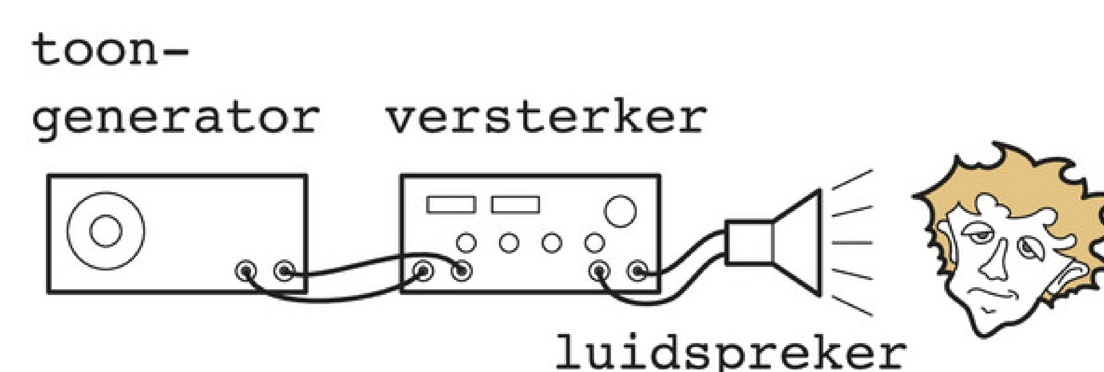
- **Stap 2: Maak een werkplan**
  In je werkplan schrijf je op:
  – welke materialen en apparatuur je nodig hebt;
  – welke opstelling je gaat bouwen (maak een tekening);
  – welke grootheden je gaat meten;
  – (eventueel) welke formules je gaat gebruiken.
  In afbeelding 1 zie je een voorbeeld van zo'n werkplan.

WERKPLAN VAN: Eileen en Jamila

Onderzoeksvraag: Wat is de hoogste toon die we kunnen horen?

1 Materialen en apparatuur
- Toongenerator
- Versterker
- Hoge-tonen-luidspreker

2 Opstelling



3 Metingen
Jamila maakt met de toongenerator een steeds hogere toon. Eileen zegt "stop", als ze geen geluid meer hoort. Jamila kijkt dan op de toongenerator hoe hoog de toon is. Dit doen we een paar keer om te zien of er steeds hetzelfde uitkomt.
Daarna gaan we de proef nog eens doen, maar nu luistert Jamila en draait Eileen aan de toongenerator.

▶ **afbeelding 1**
Zo ziet een werkplan eruit.

- **Stap 3: Uitvoeren en uitwerken**
  Je gaat nu metingen uitvoeren en uitwerken.
  Zie ook de vaardigheden 2 tot en met 9.

- **Stap 4: Conclusies trekken**
  Als alles goed is gegaan, kun je nu conclusies trekken. Probeer een antwoord te geven op je onderzoeksvraag. Vraag je ook af wat er in je onderzoek beter had gekund.

- **Stap 5: Een verslag maken**
  Tot slot maak je van je onderzoek een verslag. Zie vaardigheid 14.

2 Werken met grootheden en eenheden



▲ **afbeelding 2**
Je meet de grootheid lengte in de eenheid meter.

Bij proeven en onderzoeksopdrachten doe je vaak metingen. Je gebruikt een meetinstrument om een getalwaarde te vinden voor een eigenschap, zoals de lengte of de temperatuur.

Grootheden

Een **grootheid** is een eigenschap die je kunt meten met een meetinstrument. Voorbeelden van grootheden zijn lengte, massa en temperatuur. Je kunt deze grootheden meten met een meetlat (voor de lengte), een weegschaal (voor de massa) en een thermometer (voor de temperatuur).

Eenheden

Om een grootheid te kunnen meten, moet je eerst een maat met elkaar afspreken. Zo'n maat noem je een **eenheid**. Je meet je lengte in meters, je massa in kilogrammen en je lichaamstemperatuur in graden Celsius. In tabel 1 staan alle grootheden en eenheden die in dit boek aan de orde komen.

Voor elke grootheid bestaat een internationaal erkende **SI-eenheid**, zoals de meter voor de lengte, de seconde voor de tijd en de kelvin voor de temperatuur. In het dagelijks leven worden daarnaast ook andere eenheden gebruikt. Mensen doen dat omdat ze zo'n eenheid handiger vinden of omdat ze het nu eenmaal zo gewend zijn: 37 °C voelt vertrouwder dan 310 kelvin.

Meetresultaten noteren

- Ga voor de meting na in welke eenheid je meetinstrument de uitkomst weergeeft. Vaak is dat meteen duidelijk, maar soms moet je eerst even goed kijken.
- Noteer een meetresultaat altijd meteen nadat je de meting hebt gedaan.
- Doe je maar één meting? Noteer het meetresultaat dan in de vorm: [grootheid] = [getal] [eenheid]. Bijvoorbeeld: massa = 237 gram of: m = 237 g.
- Doe je een serie metingen? Noteer je meetresultaten dan in een tabel. Zet boven elke kolom met getallen:
  - welke grootheid je hebt gemeten;
  - welke eenheid je hebt gebruikt (tussen haakjes).

In tabel 1 vind je een overzicht van alle grootheden en eenheden die je in dit boek tegenkomt. In de derde en vierde kolom staan de SI-eenheden. Andere veel gebruikte eenheden staan in de laatste twee kolommen.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van km/h naar m/s). Zie daarover vaardigheid 4.

▼ **tabel** 1 grootheden en eenheden

grootheid	afkorting	SI-eenheid	afkorting	andere eenheid	afkorting
dichtheid	ρ	kilogram per kubieke meter	kg/m^3	gram per kubieke centimeter	g/cm^3
frequentie	f	hertz	Hz	-	-
lengte, afstand	l	meter	m	-	-
luchtdruk, gasdruk	p	pascal	Pa	bar	-
massa	m	kilogram	kg	-	-
snelheid	v	meter per seconde	m/s	kilometer per uur	km/h
spanning	U	volt	V	-	-
stroomsterkte	I	ampère	A	-	-
temperatuur	T	kelvin	K	graden Celsius	°C
tijd	t	seconde	s	minuut, uur	min, h
vermogen	P	watt	W	-	-
volume	V	kubieke meter	m^3	liter	L

3 Werken met voorvoegsels

Soms is een eenheid onhandig groot of juist onhandig klein. Daarom is er een manier bedacht om eenheden 'op maat' te kunnen maken.

De **voorvoegsels** in tabel 2 kun je in principe voor elke eenheid zetten. Zo kun je afgeleide eenheden maken die 10, 100 of 1000 keer zo groot óf zo klein zijn als de originele eenheid. Op die manier kun je de grootte van de eenheid aanpassen aan de situatie: kilogrammen voor de massa van je lichaam, milligrammen voor de werkzame stof in een tablet.

In de praktijk worden sommige combinaties veel gebruikt en andere (bijna) nooit. De decibel (dB) is bijvoorbeeld een populaire eenheid, de decivolt (dV) en de deciwatt (dW) kom je nooit tegen.



▲ **afbeelding 3**
een pijnstiller met 500 milligram werkzame stof per tablet

Een eenheid kiezen

- Kijk bij proeven welke eenheid op het meetinstrument vermeld staat. Meestal is het het handigst om die eenheid te gebruiken.
- Kies een kleinere eenheid, als je anders op een erg klein getal (< 0,1) uitkomt. Noteer de uitkomst van een volumemeting bijvoorbeeld als 25 mL en niet als 0,025 L.
- Gebruik een grotere eenheid, als je anders op een erg groot getal (> 1000) uitkomt. Noteer de uitkomst van een berekening bijvoorbeeld als 340 km en niet als 340 000 m.

Soms is het nodig om een gegeven om te rekenen van de ene eenheid naar de andere (bijvoorbeeld van mA naar A). Zie daarover vaardigheid 4.

▼ **tabel 2** voorvoegsels en hun betekenis

voorvoegsel	afkorting	betekenis	voorbeeld
kilo	k	1000	1 kg = 1000 g
hecto	h	100	1 hPa = 100 Pa
deca	da	10	1 dam = 10 m
deci	d	1/10 = 0,1	1 dL = 0,1 L
centi	c	1/100 = 0,01	1 cm = 0,01 m
milli	m	1/1000 = 0,001	1 mA = 0,001 A

4 Eenheden omrekenen

Vaak is het nodig om een eenheid om te rekenen van de ene eenheid naar de andere. Dat doe je bijvoorbeeld als je de snelheid in m/s hebt uitgerekend en iemand je vraagt wat dat in km/h is.

Bij het omrekenen van eenheden ga je als volgt te werk:

- **Stap 1: Noteer een gelijkheid met links de ene eenheid en rechts de andere.**
- **Stap 2: Ga na met welk getal je moet vermenigvuldigen (→) of delen (←).**
- **Stap 3: Voer de juiste vermenigvuldiging of deling uit en noteer het resultaat.**



▲ **afbeelding 4**
Zoals je op deze maatkan kunt zien, is 1 liter gelijk aan 1000 milliliter.

Voorbeeldopgave 1
In een maatcilinder zit 0,125 L water. Hoeveel mL is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 L gelijk is aan 1000 mL; zie afbeelding 4.
Stap 2: Je gaat van L naar mL, dus je moet vermenigvuldigen met 1000.
Stap 3: Uitrekenen: Het volume van het water = 0,125 × 1000 = 125 mL

Voorbeeldopgave 2
Een stroommeter geeft 82 mA. Hoeveel A is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 1 A gelijk is aan 1000 mA.
Stap 2: Je gaat van mA naar A, dus je moet delen door 1000.
Stap 3: Uitrekenen: De stroomsterkte = 82 : 1000 = 0,082 A

Voorbeeldopgave 3
Een fietser rijdt met een snelheid van 5,2 m/s. Hoeveel km/h is dat?

Stap 1: Bedenk (of zoek op) dat 10 m/s gelijk is aan 36 km/h.
Stap 2: Je gaat van m/s naar km/h, dus vermenigvuldig je met 3,6.
Stap 3: Uitrekenen: De snelheid = 5,2 × 3,6 ≈ 19 km/h

5 Meetinstrumenten aflezen

Als je een meting doet, lees je een meetwaarde – een getal – af op een meetinstrument. Bij het ene meetinstrument is dat gemakkelijker dan bij het andere.

Een **digitaal meetinstrument**, zoals een stopwatch of een digitale koortsthermometer, werkt elektronisch. De meetwaarde wordt in cijfers op een scherm weergegeven. Dit soort meters maakt het je erg makkelijk: je hoeft alleen de cijfers te noteren.

Een **analoog meetinstrument**, zoals een maatcilinder of een analoge spanningsmeter, heeft een schaalverdeling. Je leest een maatcilinder af door te kijken bij welk streepje de vloeistofspiegel zich bevindt. Bij een analoge spanningsmeter kijk je bij welk streepje de wijzer stilstaat.

Bij deze meetinstrumenten kun je niet meteen de meetwaarde aflezen. Eerst moet je weten hoeveel elk streepje 'waard' is. Daar kun je als volgt achterkomen:

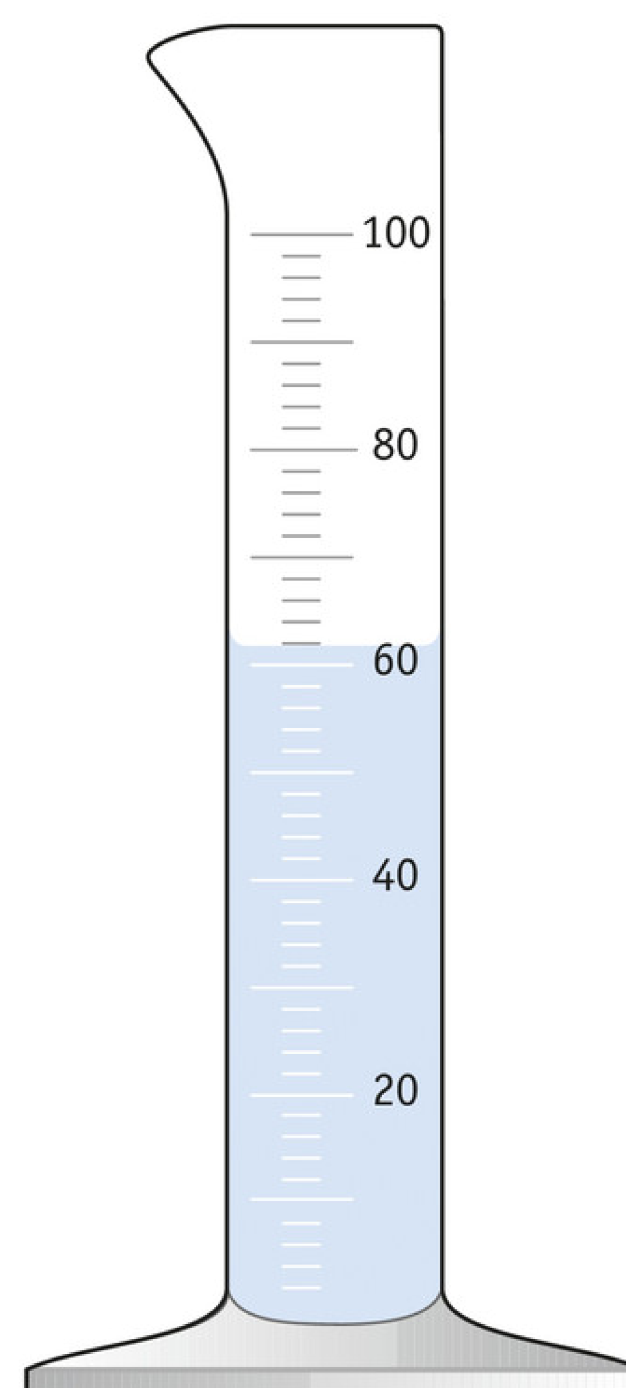
- **Stap 1: Ga van de nul naar het eerste streepje met een getal.**
  Bij de maatcilinder in afbeelding 5 is dat het streepje waar 20 bij staat.

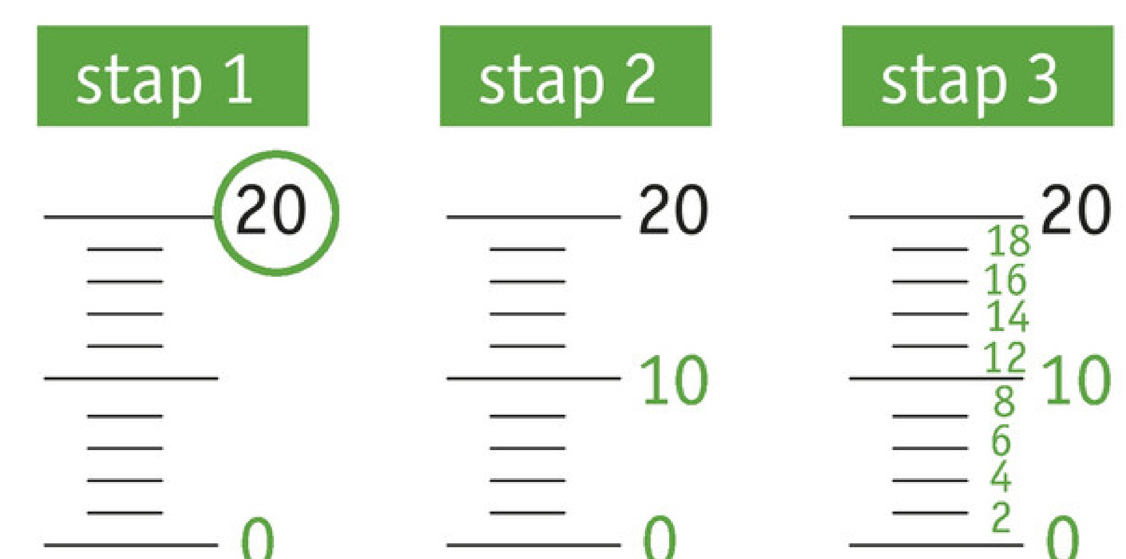
- **Stap 2: Ga naar het streepje halverwege de nul en het eerste getal.**
  Bedenk welk getal bij dit streepje hoort. Bij de maatcilinder is dat 10.

- **Stap 3: Bedenk nu wat elk streepje van de schaalverdeling waard is.**
  Tel van nul naar het eerste getal om te controleren of alles klopt. Bij de maatcilinder gaat het goed als je in stappen van 2 mL telt.

  Elk streepje van de maatcilinder is dus 2 mL waard.
  Ga zelf na dat er 62 mL water in de maatcilinder zit.

  Bij andere meetinstrumenten met een schaalverdeling ga je op dezelfde manier te werk.





▲ **afbeelding 5**
Zo lees je een maatcilinder af.

6 Werken met een brander

Bij het vak natuur- en scheikunde gebruik je af en toe een brander. Hieronder staat hoe je ermee moet werken.

Veiligheid
- Houd je aan de veiligheidsregels die je leraar met je heeft besproken.

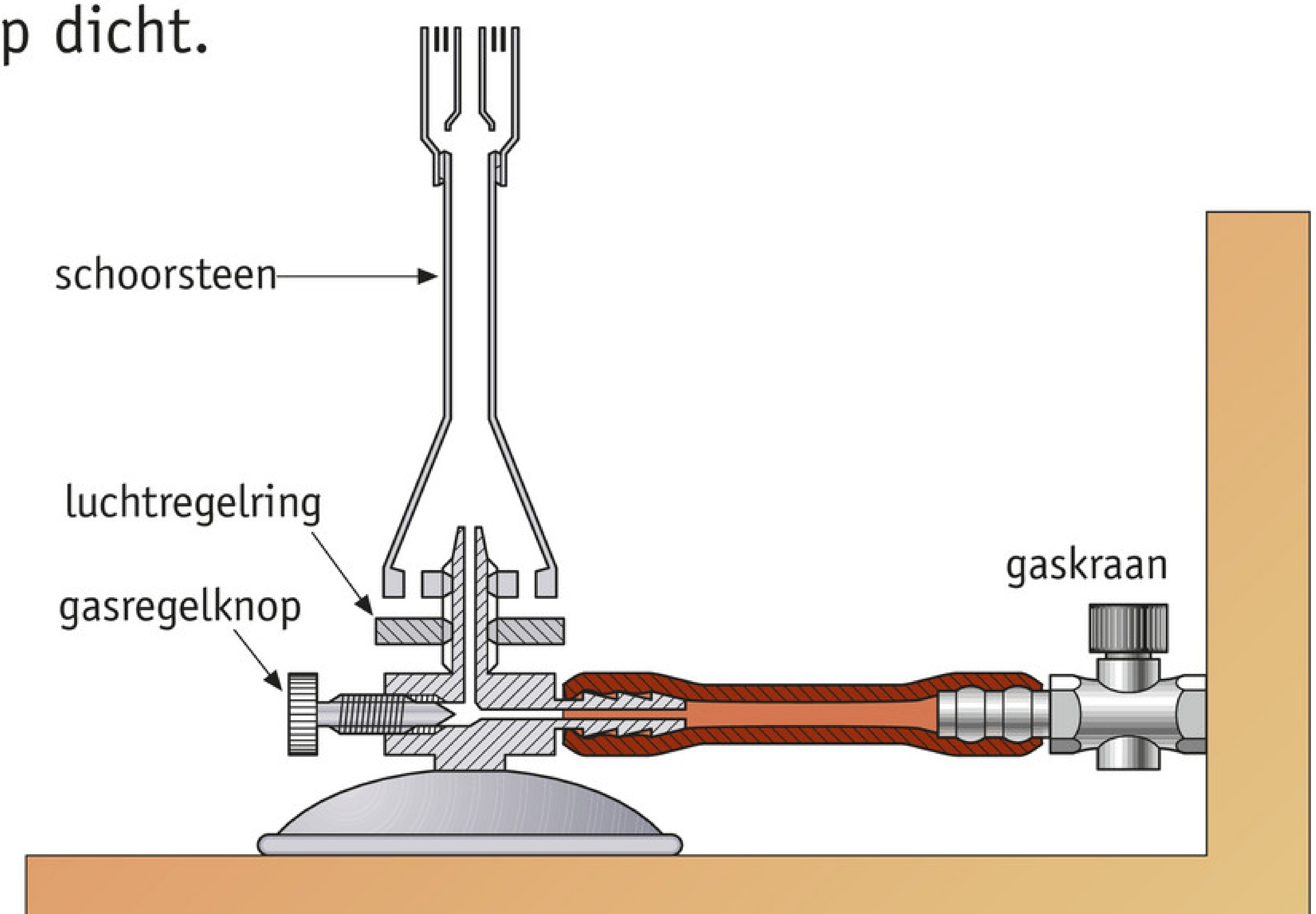
Vooraf
- Controleer of de gasregelknop en de luchtregelring van de brander dicht zijn (afbeelding 6). Zo niet, draai ze dan dicht.

Aansteken
- Draai de gaskraan op je tafel open.
- Houd een brandende lucifer boven de brander.
- Draai de gasregelknop open.
- De brander brandt nu met een goed zichtbare, gele vlam.

Verwarmen
- Draai de luchtregelring open.
- De brander brandt nu met een slecht zichtbare, blauwe vlam. Deze blauwe vlam is veel heter dan de gele vlam.
- Om iets te verwarmen, gebruik je meestal een zacht ruisende, blauwe vlam (en nooit een gele vlam).

Proef onderbreken
- Laat de brander niet alleen als hij met een blauwe vlam brandt.
- Draai altijd eerst de luchtregelring dicht.
- De brander brandt dan met een goed zichtbare gele vlam.

Uitdoen
- Draai de luchtregelring dicht.
- Draai de gaskraan op je tafel dicht.
- Draai de gasregelknop dicht.



▶ **afbeelding 6**
de onderdelen van een brander

7 Werken met een spanningsmeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een spanningsmeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

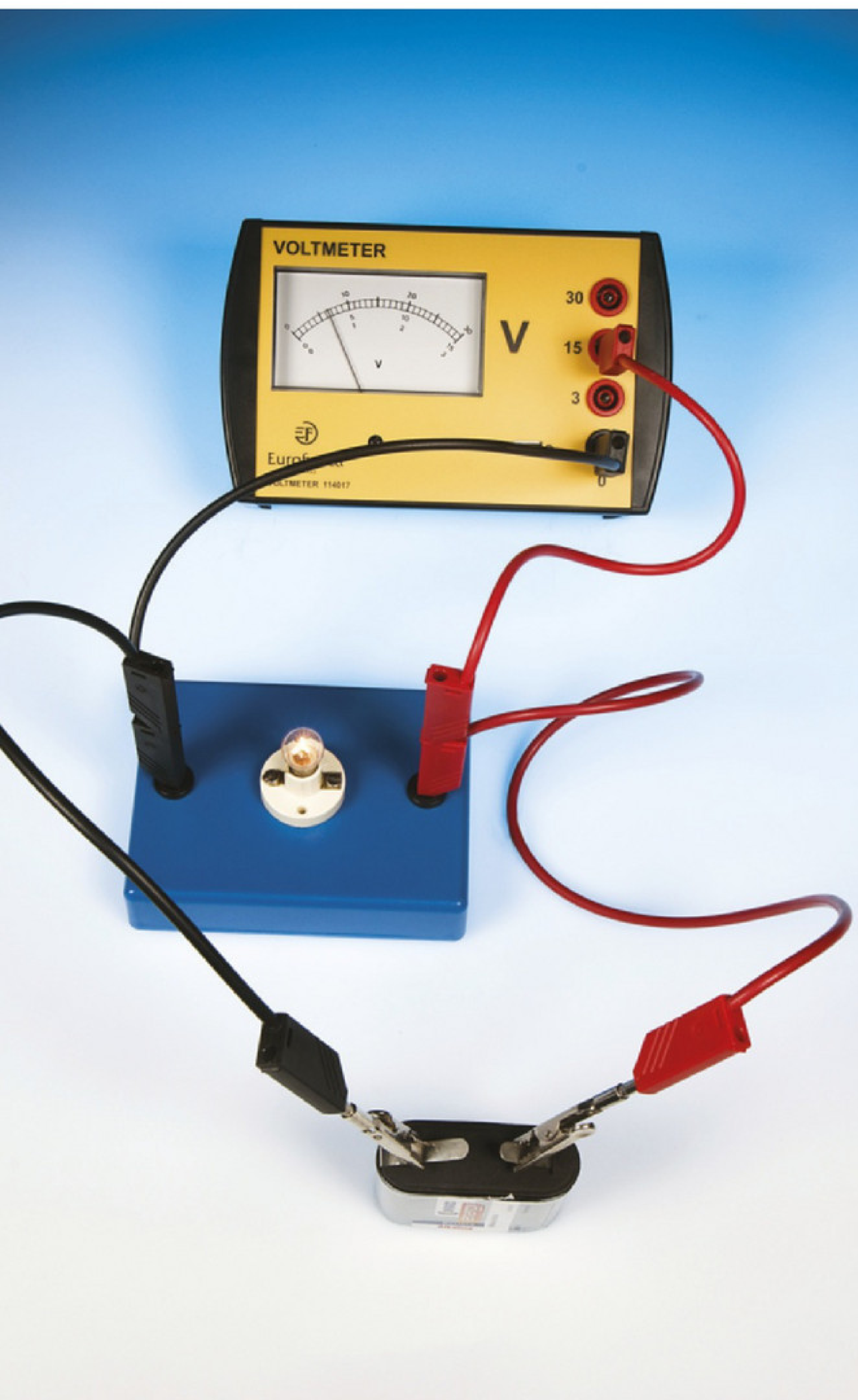
- Om de spanning 'over' een lampje te meten, schakel je de spanningsmeter parallel met het lampje. Zie afbeelding 7.
- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

- Veel spanningsmeters hebben verschillende meetbereiken. De meter in afbeelding 7 heeft bijvoorbeeld drie meetbereiken: 0-5 volt, 0-15 volt en 0-30 volt. Als je het meetbereik van 0 tot 5 volt gebruikt, kun je spanningen meten tot maximaal 5 volt.
- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapot gaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.
- Doe de meting daarna met het kleinst mogelijke meetbereik. Dan slaat de wijzer verder uit en kun je nauwkeuriger aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



◀ afbeelding 7
Zo sluit je een spanningsmeter aan.

8 Werken met een stroommeter

Bij proeven met elektriciteit wordt vaak een stroommeter gebruikt. Je moet zo'n meter op de juiste manier aansluiten.

Aansluiten

- Om de stroomsterkte door een lampje te meten, schakel je de stroommeter in serie met het lampje. De stroom door het lampje loopt dan ook door de meter.

- Verbind de plus-pool van de batterij of voeding met de plus-aansluiting op de spanningsmeter. De wijzer beweegt dan de goede kant op. Als het toch fout gaat, sluit dan de twee snoeren 'andersom' op de meter aan.

Meetbereiken

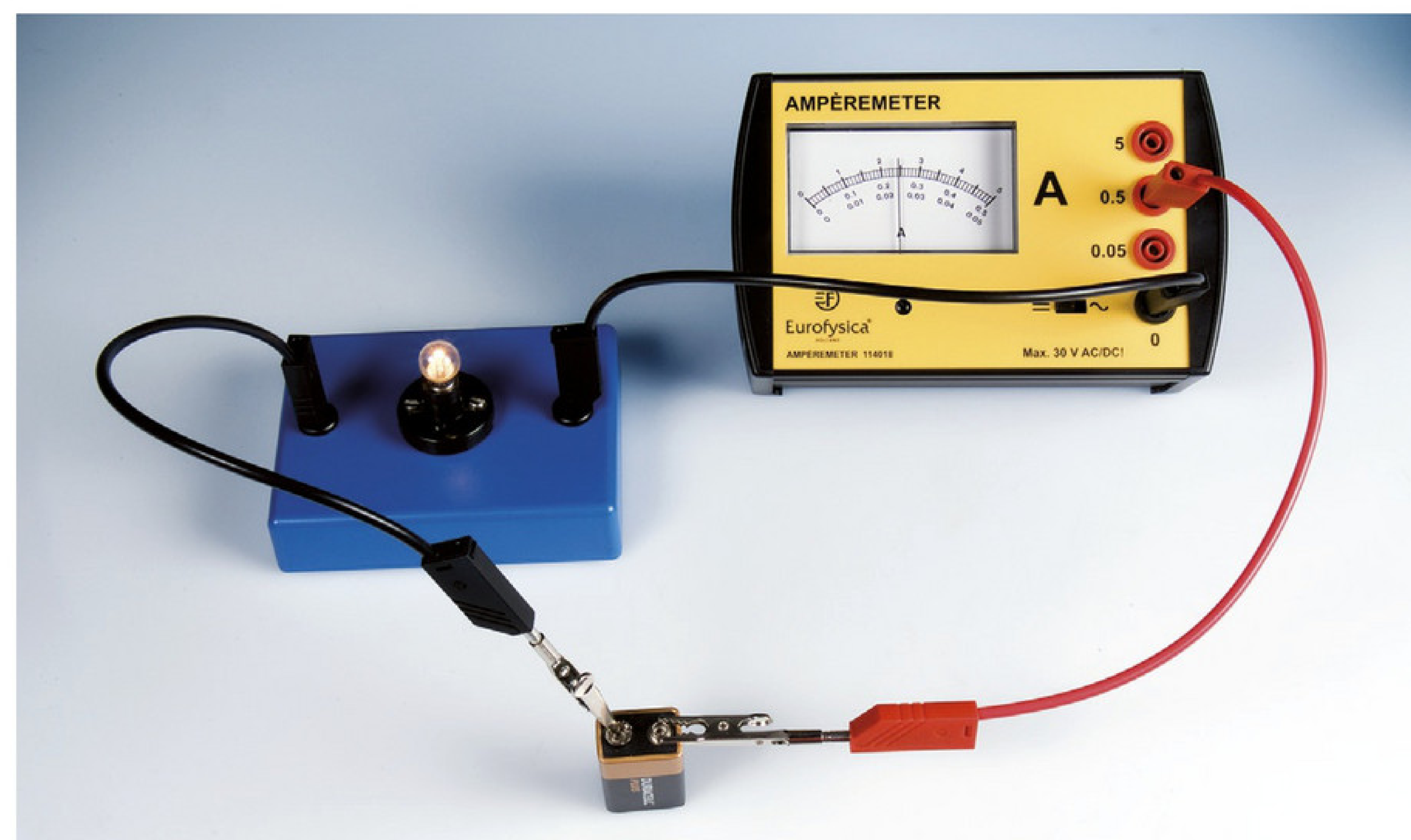
- Meestal kun je op de stroommeter verschillende meetbereiken kiezen. De meter in afbeelding 8 heeft er drie: 0-5 A, 0-500 mA en 0-50 mA. Als je het meetbereik van 0 tot 500 mA gebruikt, kun je stromen meten tot maximaal 500 mA.

- Voer eerst een 'testmeting' uit met het grootste meetbereik. Zo voorkom je dat de meter kapot gaat. Je ziet dan vanzelf of je een kleiner meetbereik kunt gebruiken.

- Doe de meting daarna zo mogelijk met een kleiner meetbereik. Als je ziet dat de stroomsterkte 30 à 40 mA is, schakel je bijvoorbeeld over op 0-50 mA. Dan slaat de wijzer flink ver uit en kun je nauwkeurig aflezen wat hij aanwijst.

Aflezen

- Kijk altijd zo recht mogelijk op de meter en doe je best om nauwkeurig af te lezen.



▶ **afbeelding 8**
Zo sluit je een stroommeter aan.

9 Werken met een multimeter



▲ **afbeelding 9**
een multimeter

Bij proeven met elektriciteit kun je een multimeter gebruiken in plaats van een spanningsmeter of een stroommeter. Met een draaiknop op de meter kun je eenvoudig de te meten grootheid en het gewenste meetbereik kiezen (afbeelding 9).

De spanning meten

- Zet de draaiknop in het gebied 'DCV' of 'V=' en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een spanningsmeter: parallel met het lampje.
- Voer een 'testmeting' uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer tenslotte de 'echte' meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

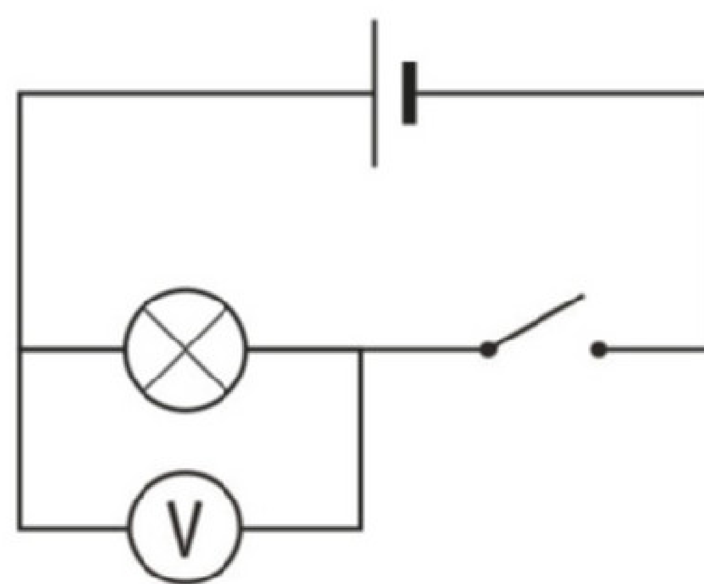
De stroomsterkte meten

- Zet de draaiknop in het gebied 'DCA' of 'A=' en kies het hoogste meetbereik.
- Sluit de multimeter aan als een stroommeter: in serie met het lampje.
- Voer een 'testmeting' uit. Herhaal dit zo nodig met een kleiner meetbereik.
- Voer tenslotte de 'echte' meting uit met het kleinst mogelijke meetbereik.

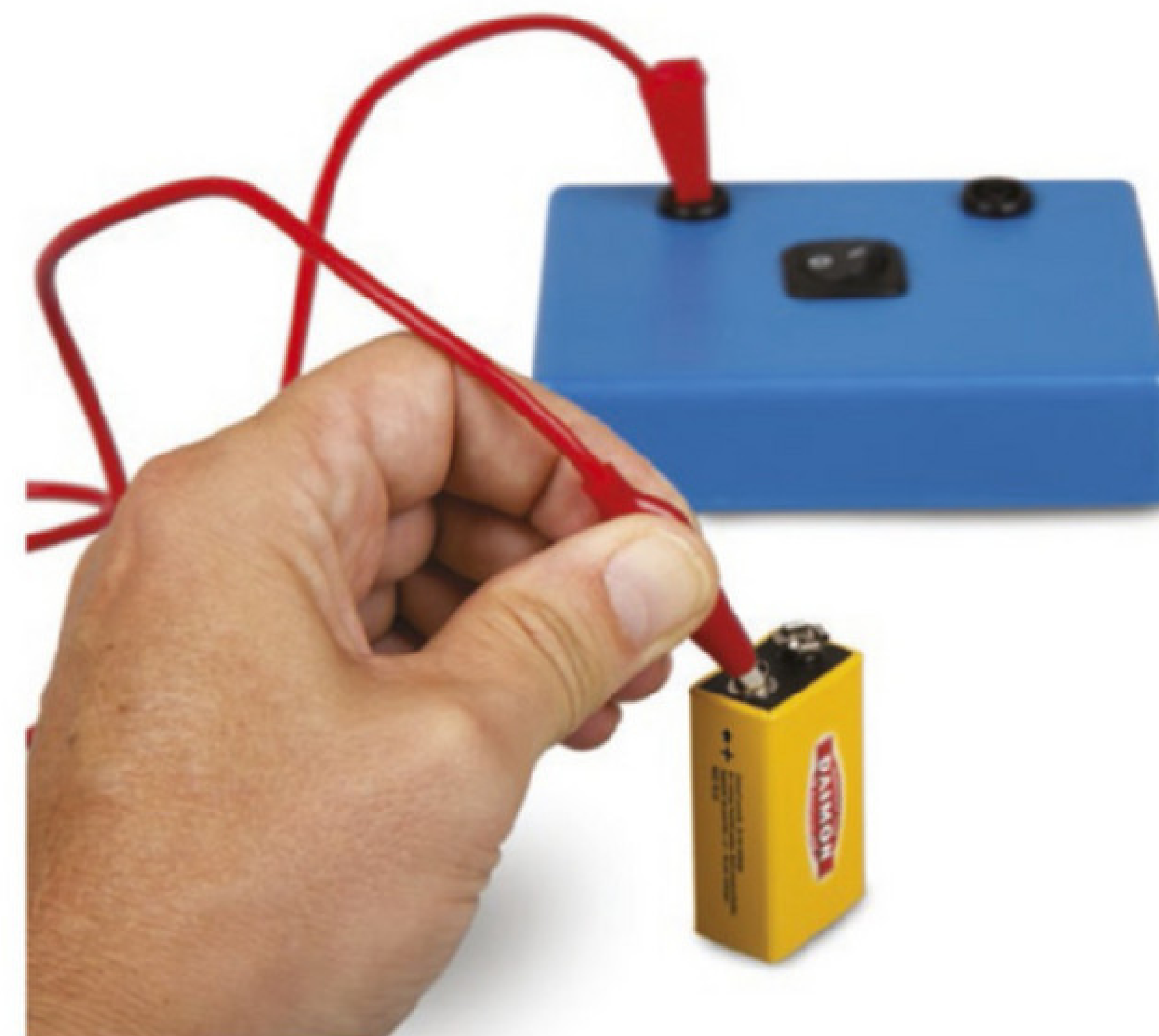
10 Schakelingen bouwen

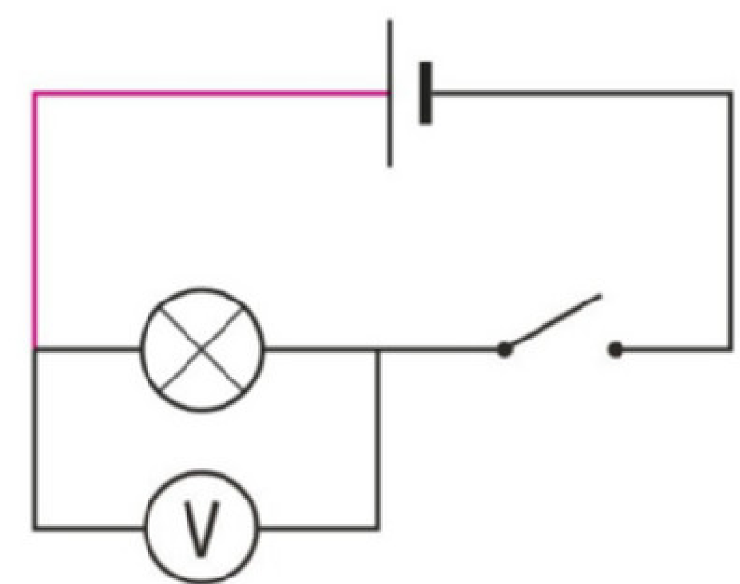
Bij sommige proeven bouw je een schakeling aan de hand van een schakelschema. Je kunt zo'n schakeling het beste stap-voor-stap opbouwen. In afbeelding 10 zie je hoe dat werkt.



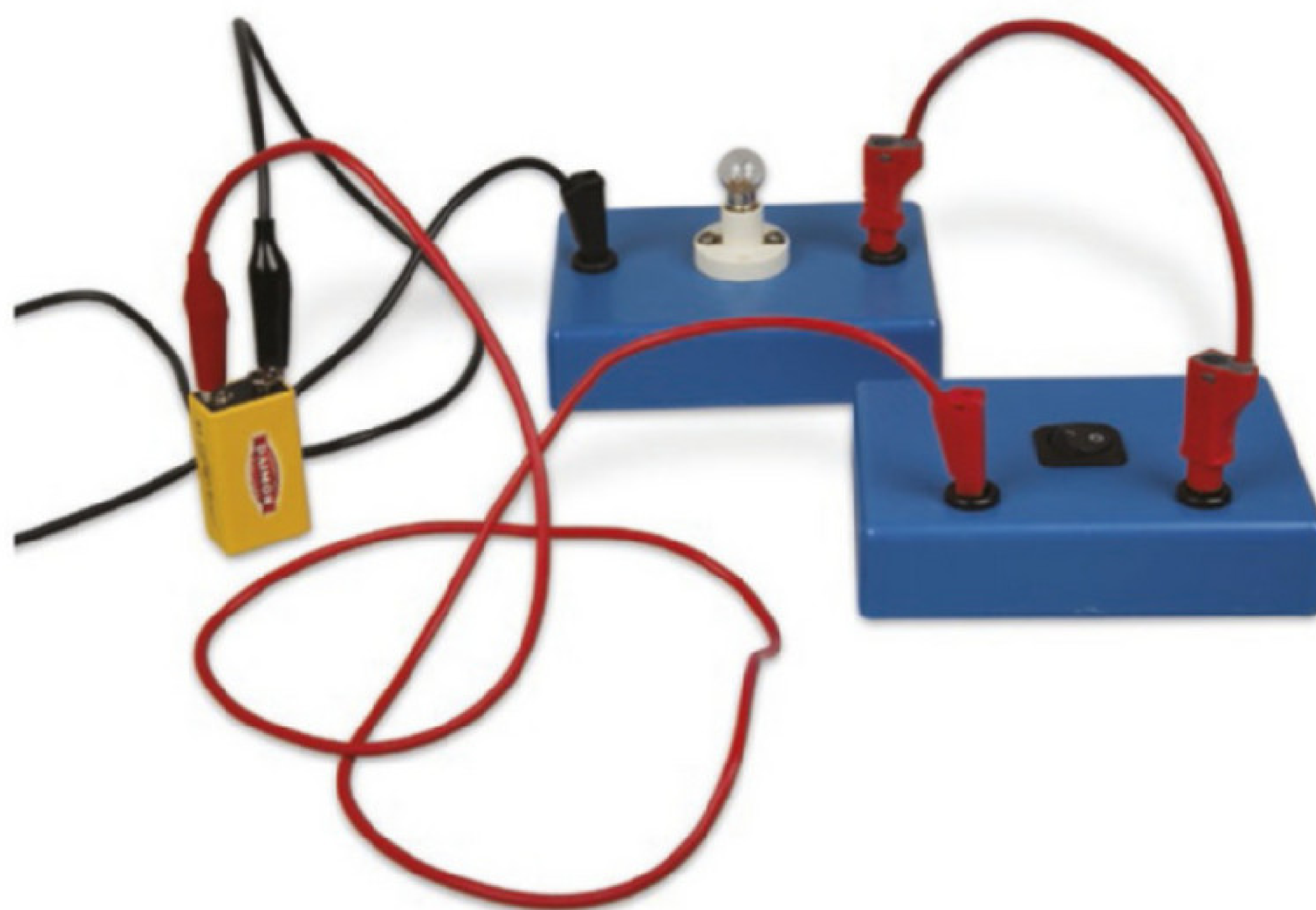


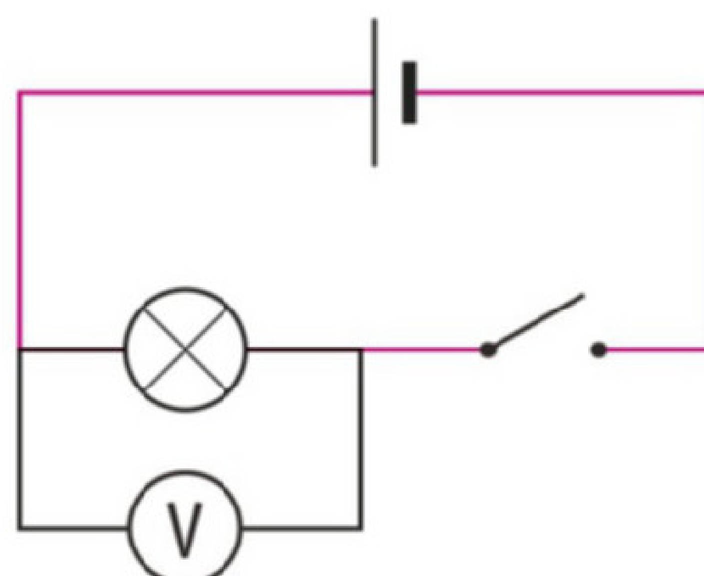
1 Verzamel de verschillende onderdelen.





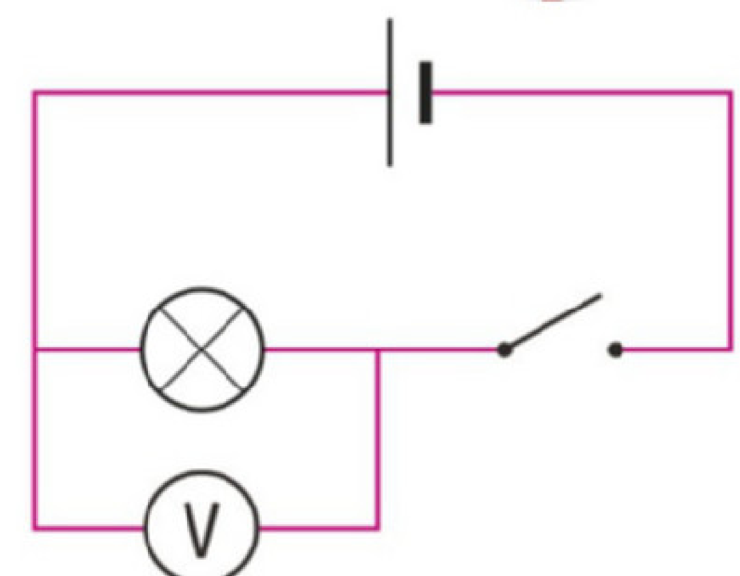
2 Begin met een snoer aan de plus-kant.





3 Sluit het lampje en de schakelaar aan: in serie.





4 Sluit de spanningsmeter aan: parallel met het lampje.

▲ **afbeelding 10**
een schakeling bouwen

11 Werken met een oscilloscoop



▲ **afbeelding 11**
de tijdbasis van een oscilloscoop

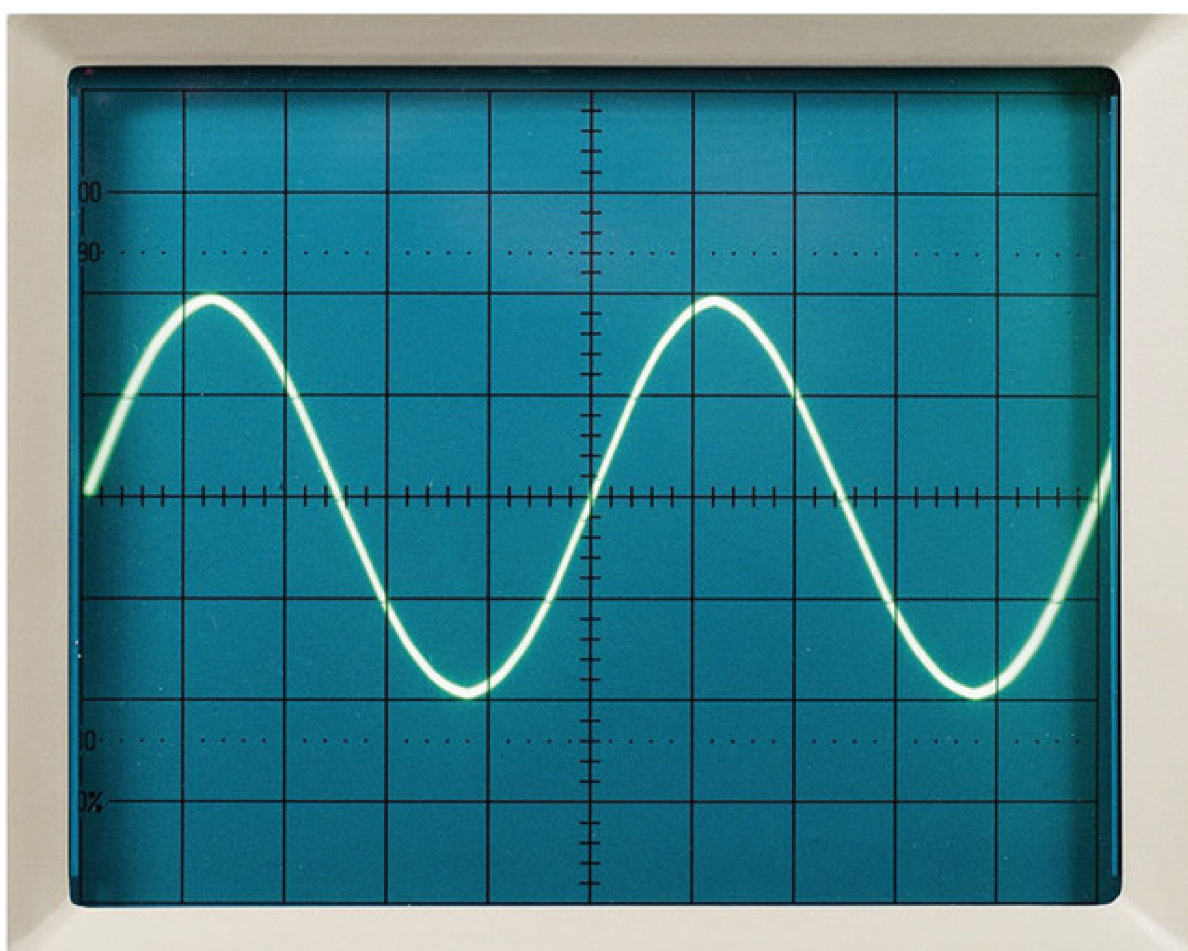
Met een oscilloscoop kun je de frequentie van een toon bepalen. Daarvoor moet je een microfoon aansluiten op de ingang van de oscilloscoop. Op het scherm verschijnt dan een afbeelding van de geluidstrilling.

De tijdbasis

Het scherm van de oscilloscoop is verdeeld in vakjes. Langs de horizontale as is de tijd uitgezet. Als één vakje twee milliseconden breed is, zeg je dat de tijdbasis op twee milliseconden per onderverdeling (2 ms/div) staat ingesteld. Je kunt de tijdbasis instellen met een draaiknop op de oscilloscoop (afbeelding 11).

De tijdbasis instellen

- Soms zijn er te veel trillingen op het scherm te zien. Stel de tijdbasis dan in op een kleinere waarde.
- Soms is er maar een klein stukje van één trilling te zien. Stel de tijdbasis dan in op een grotere waarde.
- De tijdbasis is goed ingesteld als er enkele trillingen op het scherm te zien zijn. Je kunt dan goed op het scherm aflezen hoeveel tijd voor één trilling nodig is (afbeelding 12).



▲ **afbeelding 12**
het oscilloscoopbeeld van een trilling

Voorbeeldopgave

De tijdbasis van de oscilloscoop in afbeelding 12 is ingesteld op 2 ms/div (twee milliseconden per onderverdeling).
Bereken hoe groot de frequentie van de afgebeelde trilling is.

gegevens	Eén volledige trilling beslaat vijf vakjes. Elk vakje staat voor een tijd van 2 ms.
gevraagd	de frequentie
uitwerking	Eén trilling duurt 5 × 2 ms = 10 ms = 0,01 s. 1 s = 100 × 0,01 s, dus 100 keer zoveel. Er gaan dus 100 trillingen in 1 seconde. De frequentie is dus 100 Hz.

12 Werken met formules

Bij het vak natuur- en scheikunde moet je af en toe berekeningen maken. Je moet daarbij duidelijk laten zien hoe je aan het antwoord komt.

Werk een berekening daarom als volgt uit:

- **Stap 1: Schrijf de gegevens volledig op.**
- **Stap 2: Noteer wat wordt gevraagd.**
- **Stap 3: Noteer de formule in de juiste vorm.**

Je schrijft de formule voor de gemiddelde snelheid als:

$$\text{gemiddelde snelheid} = \frac{\text{afstand}}{\text{tijd}}$$

om de gemiddelde snelheid te berekenen.

$$\text{afstand} = \text{gemiddelde snelheid} \times \text{tijd}$$

om de afgelegde afstand te berekenen.

$$\text{tijd} = \frac{\text{afstand}}{\text{gemiddelde snelheid}}$$

om de tijd te berekenen die je over een bepaalde afstand doet.

- **Stap 4: Vul de gegevens in.**
- **Stap 5: Noteer het antwoord: een getal, gevolgd door een eenheid.**

Rond de uitkomst af, als je antwoord anders te veel cijfers krijgt. Een bruikbare vuistregel is dat je antwoord evenveel of maximaal één cijfer meer heeft als het gegeven met het kleinst aantal cijfers. Dat je hebt afgerond, geef je aan door het teken ≈ te gebruiken in plaats van =.

Voorbeeldopgave
Een metalen cilinder heeft een massa van 196 g en een volume van 22 cm^3. Bereken de dichtheid van de stof waarvan het cilindertje is gemaakt. Om welke stof zou het kunnen gaan?

gegevens massa = 196 g
volume = 22 cm^3
gevraagd dichtheid = ?

uitwerking $\text{dichtheid} = \dfrac{\text{massa}}{\text{volume}} = \dfrac{196}{22} \approx 8{,}9\ g/cm^3$

Het cilindertje zou van koper gemaakt kunnen zijn. Zie tabel 1 in paragraaf 4 van hoofdstuk 2.

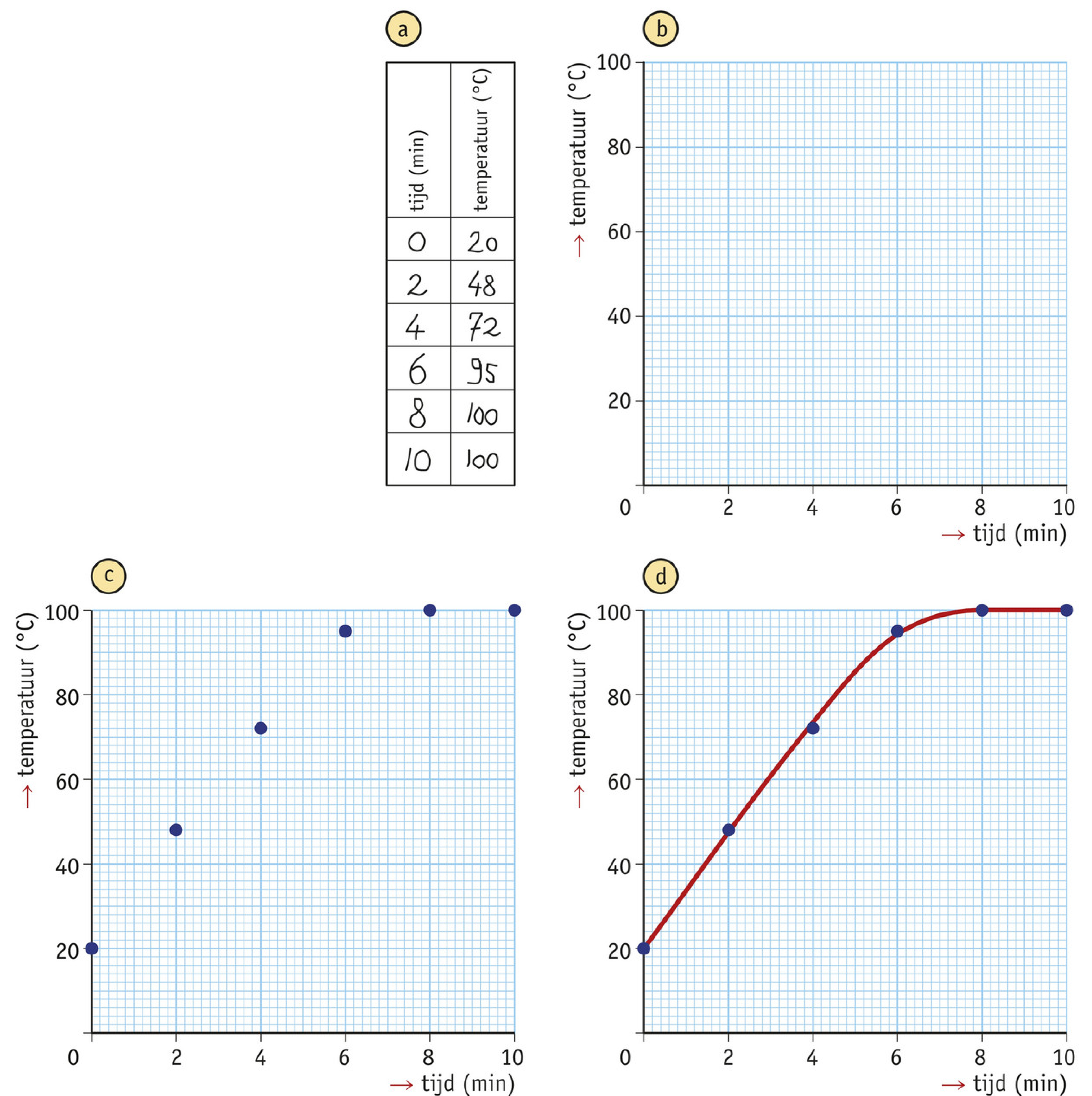
13 Werken met tabellen en grafieken

Veel onderzoeksvragen gaan over het verband tussen twee grootheden. Neem bijvoorbeeld de onderzoeksvraag:
Wat is het verband tussen de temperatuur van water in een bekerglas en de tijd dat het water wordt verwarmd?
Deze vraag gaat over het verband tussen de tijd en de temperatuur.

Om deze vraag te beantwoorden, voer je een serie metingen uit. Je verwarmt het water met een brander. Om de minuut lees je de temperatuur van het water af op een thermometer. De meetresultaten noteer je in een tabel (zie figuur 13a). Na afloop geef je de meetresultaten weer in een grafiek.

Zo'n grafiek maak je als volgt (figuur 13bcd):

- **Stap 1: Teken een assenstelsel.**
- **Stap 2: Zet bij elke as een grootheid, met de bijbehorende eenheid.**
  Bijvoorbeeld: → tijd (min) en → temperatuur (°C).
- **Stap 3: Zet langs beide assen een geschikte schaalverdeling.**
- **Stap 4: Teken de meetresultaten in als punten.**
- **Stap 5: Teken een rechte lijn of een vloeiende kromme die zo goed mogelijk bij de punten aansluit. Je mag de punten niet één voor één met elkaar verbinden.**
  Het geeft dus niet dat de rechte lijn of kromme niet precies door alle meetpunten loopt.



▶ **figuur 13**
van tabel naar grafiek

14 Een verslag schrijven

Bij een onderzoek hoort een verslag. In dat verslag leg je uit hoe het onderzoek is verlopen. Iemand die er niet bij is geweest, moet precies kunnen begrijpen wat er allemaal is gebeurd. Soms moet je ook een verslag maken van een practicumproef of een thuisopdracht.

Deel je verslag als volgt in:

- *Titelpagina*
  Hierop vermeld je: de titel van het onderzoek, de namen van de leerlingen in het onderzoeksgroepje, de klas, de naam van je docent, de datum en het jaartal.

- *§ 1 Onderzoeksvraag*
  In deze paragraaf leg je uit welke vraag je met je onderzoek wilde beantwoorden.

- *§ 2 Werkplan*
  Hierin staat:
  - een lijst met de spullen die je hebt gebruikt;
  - een tekening van de opstelling die je hebt gemaakt;
  - een korte beschrijving van wat je hebt gedaan.

- *§ 3 Onderzoeksresultaten*
  Hierin vermeld je wat je hebt waargenomen of gemeten: in de vorm van tekst, tabellen, grafieken, foto's en dergelijke.

- *§ 4 Conclusie*
  Hierin staat het antwoord op de onderzoeksvraag.

Een verslag hoort er goed uit te zien. Het gaat niet alleen om de inhoud van je verslag. Je moet die inhoud ook duidelijk en overzichtelijk presenteren

Register

Auteurs:
Frits Kappers
Coert Schatorjé

Met medewerking van:
R. Tromp
P. van Hoeflaken
Th. Smits

Illustraties:
Technisch tekenburo BB, Tiel
Anke Nobel, Lelystad

Foto's:
CanstockPhoto | Kiyyah: p. 27
Getty Images, Denis Corriveau: p. 64
Getty Images, Shaun Botterill: p. 89
Hollandse Hoogte, Rijswijk: p. 72
Shutterstcok: p. 33, 112, 127

Foto omslag:
Shutterstock
Binnenwerk openingsbeelden: Shutterstock, Hollandse Hoogte, Corbis Images

Beeldverwerving:
Fundamentaal communicatie|educatie, Culemborg

Ontwerp:
Uitgeverij Malmberg

Ontwerp omslag:
Buro De Kuijper in samenwerking met Uitgeverij Malmberg

Opmaak:
Vandermeer visuele communicatie, Culemborg

ISBN 978 90 345 8340 6

Vierde editie, zevende oplage

MALMBERG

AUTEURS:
F. Kappers
C. Schatorjé

EINDREDACTIE:
L. Pijnappels

MET MEDEWERKING VAN:
R. Tromp
P. van Hoeflaken
Th. Smits

ISBN 978 90 345 8340 6



551483

MALMBERG